

Ärsyke- ja vastaushistorian vaikutukset suoritukseen näköaistitehtävässä

Saija Mirjami Niemi
Pro gradu -tutkielma
Psykologia
Lääketieteellinen tiedekunta
Kesäkuu 2021
Ohjaajat: Maria Olkkonen ja
Toni Saarela



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Lääketieteellinen tiedekunta		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Psykologian maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author Saija Mirjami Niemi			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Ärsyke- ja vastaushistorian vaikutukset suoritukseen näköaistitehtävässä			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Psykologia			
Työn laji – Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma		Aika – Datum – Month and year Kesäkuu 2021	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 43
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p><i>Tavoitteet.</i> Havaintopsykologian tutkimuksessa on tunnistettu erilaisia ärsyke- ja vastaushistorian aiheuttamia harhoja nykyisen ärsykkeen havainnossa ja vastauksessa tehtävään. Sarjariippuvuus tarkoittaa edellisen aisti-informaation aiheuttamaa nykyisen havainnon vääristymistä. Keskilukuharha taas on havainnon vääristyminen kohti ärsykehistorian keskilukua kohti. Edellisten vastausten aiheuttama harhaa kutsutaan sarjalliseksi vastausvinoumaksi. Näitä efektejä on tutkittu aiemmin pääasiassa toisistaan erillään, vaikka niiden vaikutukset voivat olla samansuuntaisia. Tässä tutkielmassa selvitetään efektien itsenäisiä vaikutuksia koehenkilöiden vastauksiin, sekä muistiviiveen vaikutusta niiden voimakkuuteen.</p> <p><i>Menetelmät.</i> Vaikutuksia tutkittiin kahdella kokeella. Ensimmäiseen kokeeseen, jossa käytettiin ärsykkeinä värisävyjä, osallistui 11 koehenkilöä, ja toiseen kokeeseen, jossa ärsykkeinä käytettiin juovastoja, osallistui 7 koehenkilöä. Koehenkilöille esitettiin peräkkäin referenssi- ja vertailuärsyke, jonka jälkeen koehenkilöiden oli vastattava, oliko vertailuärsyke sinisempi vai vihreämpi tai enemmän oikealle vai vasemmalle kallellaan kuin referenssiärsyke. Muistiviiveen suhteen oli kaksi koetilannetta. Historiaiektien itsenäisiä vaikutuksia vastauksiin arvioitiin yleistetyllä lineaarisella sekamallilla käyttäen probit-linkkifunktiota.</p> <p><i>Tulokset ja johtopäätökset.</i> Värisävykokeessa löydettiin itsenäiset vaikutukset kaikille historiaefekteille. Edelliset ärsykkeet vetivät seuraavien ärsykkeiden havaintoa puoleensa, ja tämän harhan kesto oli 12–16 sekuntia. Tästä itsenäisenä havainnot vääristyivät myös kaikkien ärsykkeiden keskiarvoa kohti. Lisäksi koehenkilöillä oli taipumus vaihtaa vastaustaan koekertojen välillä. Muistiviiveellä ei havaittu olevan vaikutusta harhojen voimakkuuteen. Kallistuskokeessa sarjariippuvuuden tulokset olivat epäselvempiä luultavasti johtuen aineiston kohinaisuudesta, koska tehtävä oli koehenkilöille liian vaikea. Kallistuksen havaitsemisessa ei löydetty keskilukuharhaa. Sarjallinen vastausvinouma riippui muistiviiveestä niin, että lyhyellä viiveellä taipumus oli toistaa vastausta ja pitkällä viiveellä vaihtaa. Tulokset avaavat historiaiektien välistä suhdetta. Keskilukuharha tai sarjallinen vastausvinouma eivät pysty selittämään sarjariippuvuutta. Lisäksi tulokset viittaavat siihen, että sarjariippuvuuden syntyminen ei voi olla riippuvainen yksinomaan vastauksen muodostamisesta.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords sarjariippuvuus, keskilukuharha, vastausvinouma, havaintoperusteinen päätöksenteko, näköaisti, havaintopsykologia			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Maria Olkkonen ja Toni Saarela			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet)			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of Medicine		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree Programme Master's Programme in Psychology	
Tekijä – Författare – Author Saija Mirjami Niemi			
Työn nimi – Arbetets titel – Title The effects of stimulus and response history on visual task performance			
Oppiaine/Opintosuunta – Läroämne/Studieinriktning – Subject/Study track Psychology			
Työn laji – Arbetets art – Level Master's thesis		Aika – Datum – Month and year June 2021	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 43
<p>Tiivistelmä – Referat – Abstract</p> <p><i>Objectives.</i> Different biases induced by stimulus and response history have been identified in the field of perceptual psychology. Serial dependence is a bias in the perception of objects caused by previous stimuli. Perception can also be biased towards the average of previous stimuli. This is called central tendency bias. The interdependence of responses in a serial task is serial response bias. These history biases have mostly been studied separately despite their effects being similar. This thesis aims to unravel the independent effects of the biases on observers' responses in a perceptual task and the effect of working memory delay on their magnitude.</p> <p><i>Methods.</i> The biases were studied with two experiments. Eleven subjects took part in the first experiment which used colored patches with different hues as stimuli. The second experiment had 7 subjects and used grating patches differing in orientation. Subjects were presented with a continuous stream of reference and comparison stimuli. In each trial, they had to respond if the comparison stimulus, presented second, was bluer or greener or was oriented more to the left or the right than the reference stimulus, presented first. Inter-stimulus interval was either short or long in two blocked conditions. The independent effects of the history biases on responses were tested using a generalized linear mixed model with a probit link function.</p> <p><i>Results and conclusions.</i> In the hue experiment, independent effects were found for all history biases. Previous stimuli attracted the perception of subsequent stimuli and this effect lasted for 12-16 seconds. Independently of this, the percept was also biased towards the average of previous stimuli. In addition, subjects tended to change their response between trials. Working memory delay had no observable effect on the magnitude of the biases. In the orientation experiment, results on serial dependence were mixed, likely due to more noise in the data. Central tendency bias was not observed. Response bias was dependent on the inter-stimulus interval in such a way that with a short delay, subjects were more likely to repeat their choices and with a long, delay they were more likely to alternate between choices. The results clarify the relationships between previously reported history biases. Neither central tendency bias nor serial response bias can explain serial dependence. Furthermore, the results suggest that serial dependence cannot originate solely from the inertia of responses.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords serial dependence, central tendency bias, response bias, perceptual decision making, vision, perceptual psychology			
Ohjaaja tai ohjaajat – Handledare – Supervisor or supervisors Maria Olkkonen & Toni Saarela			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda/E-thesis (opinnäytteet)			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

Sisällys

1. Johdanto.....	1
1.1. Sarjariippuvuus.....	1
1.2. Keskilukuharha.....	3
1.3. Sarjallinen vastausvinouma.....	4
1.4. Historiaefektien suhde toisiinsa.....	5
1.5. Tutkimuskysymykset ja hypoteesit	7
2. Metodit.....	9
2.1. Koehenkilöt	9
2.2. Laitteisto.....	9
2.3. Ärsykkeet.....	10
2.4. Simulaatiot ja mittausmenetelmän valinta	11
2.5. Koemenettely.....	12
2.6. Tilastolliset menetelmät	13
3. Tulokset	17
3.1. Koe 1: värisävy.....	17
3.2. Koe 2: orientaatio	21
4. Pohdinta.....	26
Lähteet.....	32
Liitteet	40
Liite 1: Faktoreiden korrelaatiomatriisit	40
Liite 2: Faktoreiden tilastolliset tunnusluvut	42

1. Johdanto

Näköhavaintomme maailmasta on pääasiassa vakaa, vaikka siitä saamamme aisti-informaatio on kohinaista. Kohinaa syntyy kaikilla aisti-informaation käsittelyn tasoilla esimerkiksi jo valon saapuessa verkkokalvolle silmän fyysisten ominaisuuksien takia, mutta myös myöhemmin aistijärjestelmässä aivokuorella. Vakaan havainnon syntymistä voi auttaa usealla tavalla. Yksi keino on se, jos aistijärjestelmä ei käsittele peräkkäisiä havaintoja toisistaan riippumattomina, vaan havaintohistoria vaikuttaa siihen, miten havainto muodostuu. Bayesilaisesta viitekehyksestä katsoen tämän voidaan ajatella tapahtuvan siten, että havaintoa muodostettaessa aistijärjestelmä yhdistää kunkin kohinaisen aisti-informaation aikaisempaan informaatioon (piori-jakauma), jolloin havainto vakautuu ajan yli (Ashourian & Loewenstein, 2011; Cicchini, Mikellidou & Burr, 2018; Fritsche, Spaak & de Lange, 2020; Kalm & Norris, 2018). Etenkin näköaistissa onkin tunnistettu useita historiaefektejä, joilla tarkoitetaan ärsyke- tai tehtävähistorian aiheuttamia muutoksia nykyisen ärsykkeen havainnossa tai tehtävän suorituksessa. Näitä historiaefektejä ovat sarjariippuvuus, keskilukuharha ja sarjallinen vastausvinouma. Eri historiaefektien suhteesta toisiinsa on kuitenkin vain vähän aikaisempaa tutkimusta, mihin tämä tutkielma pyrkii vastaamaan.

1.1. Sarjariippuvuus

Sarjariippuvuus (engl. *serial dependence*) tarkoittaa edellisen aisti-informaation aiheuttamaa nykyisen havainnon vääristymistä (Fischer & Whitney, 2014). Harha voi olla puoleensavetävä, jolloin nykyinen ärsyke havaitaan samankaltaisempana kuin aiemmin havaittu harhan aiheuttama ärsyke. Se voi olla myös hylkivä, jolloin nykyisen ärsykkeen havainto vääristyy pois päin aiheuttavasta ärsykkeestä. Harhan aiheuttava ärsyke voi olla myös kauempana ärsykehistoriassa kuin välittömästi edellinen. Sarjariippuvuutta on raportoitu useille eri ärsyketyypeille: mm. Gabor-juovastojen kallistuskulma eli orientaatio (Cicchini, Mikellidou & Burr, 2017; Fischer & Whitney, 2014; Fritsche, Mostert & de Lange, 2017), pisteiden lukumäärä (Corbett, Fischer & Whitney, 2011; Fornaciai & Park, 2018a), liikkeen suunta (Czoschke, Fischer, Beitner, Kaiser & Bledowski, 2019), ärsykkeen sijainti (Bliss, Sun & D’Esposito, 2017), värisävy (Barbosa & Compte, 2020), kasvojen identiteetti (Lieberman, Fischer & Whitney, 2014) ja kasvojen viehättävyys (Van der Burg, Rhodes & Alais, 2019; Xia, Leib & Whitney, 2016). Näköaistin lisäksi myös esimerkiksi äänen voimakkuutta arvioitaessa arviot vääristyvät kohti edellisen äänen tasoa (Holland & Lockhead, 1968; Ward, 1973).

Suurin osa tutkimuksesta on keskittynyt vain välittömästi edellisen ärsykeen aiheuttaman sarjariippuvuuden tutkimukseen. Edellisin ärsyke aiheuttaa pääasiassa puoleensavetävän sarjariippuvuuden, mikä on havaittu useilla ärsyketyypeillä ja erilaisilla koeasetelmilla (esim. Barbosa & Compte, 2020; Fischer & Whitney, 2014; Fornaciai & Park, 2018a; Liberman ym., 2014). Puoleensavetävän sarjariippuvuuden voimakkuus riippuu useista ärsykeisiin liittyvistä tekijöistä. Harhan vaikutus havaintoon on voimakkainta silloin, kun edellinen ja nykyinen ärsyke ovat samankaltaisia, ja se heikentyy ärsykkeiden eroavuuden kasvaessa (Barbosa & Compte, 2020; Czoschke ym., 2019; Fischer & Whitney, 2014; Fritsche ym., 2017; Liberman ym., 2014). Tätä harhan suunnan ja voimakkuuden riippuvuutta ärsykkeiden samankaltaisuudesta kuvaa hyvin normaalijakauman derivaattafunktion kaltainen ei-lineaarinen yhteys (Fischer & Whitney, 2014). Lisäksi sarjariippuvuus vaikuttaa olevan voimakkaampaa silloin, kun epävarmuus havainnon muodostuksessa kasvaa. Harha on suurempi esimerkiksi orientaation havaitsemisessa juovastoilla, joiden paikkataajuus on matala, mikä vaikeuttaa orientaation havaitsemista (Ceylan, Herzog & Pascucci, 2021; Cicchini ym., 2018). Myös edellisen ja nykyisen ärsykeen sijainti verkkokalvolla vaikuttavat harhan voimakkuuteen: samassa paikassa esitetty ärsyke aiheuttaa voimakkaamman puoleensavetävän harhan seuraavan ärsykeen havainnossa, mutta myös toisessa sijainnissa esitetty ärsyke voi aiheuttaa sarjariippuvuutta (Corbett ym., 2011; Fischer & Whitney, 2014).

Ärsykeisiin liittyvien tekijöiden lisäksi sarjariippuvuuteen vaikuttavat työmuistiviiveeseen, tarkkaavaisuuteen ja itse tehtävään liittyvät tekijät. Pidempi vastausviive voimistaa sarjariippuvuutta, eli ärsykeen pitäminen työmuistissa vääristää sen muistiedustusta enemmän kohti edellistä ärsykettä kuin lyhyellä viiveellä (Barbosa & Compte, 2020; Bliss ym., 2017; Fritsche ym., 2017). Jos ärsykeen esittämisen ja vastauksen välillä ei ole viivettä, sarjariippuvuus voi kääntyä hylkiväksi (Bliss ym., 2017; Fritsche ym., 2017). Myös tarkkaavaisuudella on vaikutusta sarjariippuvuuteen. Sarjariippuvuuden esiintyminen vaikuttaa vaativan tietoista havaintoa edellisestä ärsykkeestä (Kim, Burr, Cicchini & Alais, 2020) ja tarkkaavaisuutta tehtävän kannalta tärkeään piirteeseen ärsykkeessä (Fischer & Whitney, 2014; Fritsche & de Lange, 2019; Togoli, Fedele, Fornaciai & Buetti, 2021). Ärsykkeet, jotka jätetään huomiotta, voivat aiheuttaa vastakkaisen, hylkivän sarjariippuvuuden (Rafiei, Hansmann-Roth, Whitney, Kristjánsson & Chetverikov, 2021). Sillä, annettiinko edellisellä koekerralla vastaus vai ei, ei kuitenkaan ole merkittävää vaikutusta harhaan (Czoschke ym., 2019; Fischer & Whitney, 2014; Fornaciai & Park, 2018a; Liberman ym., 2014; Togoli ym., 2021).

Välittömästi edellistä ärsykettä aiempien ärsykkeiden aiheuttamat vääristymät nykyisen ärsykkeen havaintoon ovat epäselvempiä. Sekä puoleensavetäviä (Corbett ym., 2011; Czoschke ym., 2019; Fischer & Whitney, 2014; Liberman ym., 2014; Van der Burg ym., 2019; Xia ym., 2016) että hylkiviä (Chopin & Mamassian, 2012; Fritsche ym., 2020; Gekas, McDermott & Mamassian, 2019) vaikutuksia on havaittu. Epäselvää on myös se, kuinka pitkälle ärsykesarjassa vaikutukset ulottuvat, koska sitä on tutkittu vain vähän. Kasvojen viehättävyyden tutkimuksessa ärsykkeiden puoleensavetävä vaikutus jatkui kuuteen ärsykkeeseen eteenpäin (Van der Burg ym., 2019) tai 6 sekuntia (Xia ym., 2016). Eräissä orientaation havaitsemisen tutkimuksissa taas puoleensavetävä sarjariippuvuus oli kolmella ärsykkeellä taaksepäin (Fischer & Whitney, 2014). Myös useita minuiteja kestäviä hylkiviä sarjariippuvuuksia on raportoitu orientaatiolle (Gekas ym., 2019). On mahdollista, että 10–15 sekuntia kestävä puoleensavetävän sarjariippuvuuden jälkeen havaintoon vaikuttaa minuiteja kestävä hylkivä sarjariippuvuus, joka on erillinen ilmiö (Fritsche ym., 2020). Eroavuuksia tuloksissa voi selittää se, että kuluneen ajan on todettu olevan ärsykkeiden määrää merkittävämpi tekijä sarjariippuvuuden kestolle ja voimakkuudelle (Bliss ym., 2017; Fritsche ym., 2020), mutta suurimmassa osassa tutkimuksista vastausaikaa ei ole rajoitettu mitenkään, joten koekertojen kestot vaihtelevat. Lisäksi vaikutusta voi olla aineistojen koolla, koska kaukaisemmat efektit ovat kooltaan pieniä, jolloin niiden löytyminen vaatii suuremman aineiston.

1.2. Keskilukuharha

Keskilukuharha (engl. *central tendency bias*) on harha, jossa ärsykkeiden havainto vääristyy aiemman ärsykehistorian keskilukua kohti (Hollingworth, 1910). Esimerkiksi jos kokeessa käytetään ärsykkeinä värisävyjä punaisen ja keltaisen väliltä, punaisimpien ja keltaisimpien ärsykkeiden havainto vääristyy kohti kaikkien ärsykkeiden keskimääräistä sävyä eli oranssimmaksi. Ärsykejakauman pieniä ärsykeitä siis yliarvioidaan, ja suuria ärsykeitä aliarvioidaan. Keskiluku näyttäisi olevan kaikkien ärsykkeiden kumuloituva keskiarvo (Duffy, Huttenlocher, Hedges & Crawford, 2010). Keskilukuharha on havaittavissa useilla erilaisilla ärsyketyypeillä: ärsykkeen koko (Hollingworth, 1910), viivan pituus (Allred, Crawford, Duffy & Smith, 2016; Ashourian & Loewenstein, 2011; Duffy ym., 2010; Huttenlocher, Hedges & Vevea, 2000), pisteiden lukumäärä (Xiang, Graeber, Enke & Gershman, 2021), värisävy (Olkkonen, McCarthy & Allred, 2014) ja harmaasävyjen vaaleus (Huttenlocher ym., 2000; Olkkonen, Saarela & Allred, 2016). Harha esiintyy myös näköaistin ulkopuolella esimerkiksi äänen korkeustaajuuden (Raviv, Ahissar & Loewenstein, 2012) ja aikaintervallin pituuden (Jazayeri & Shadlen, 2010) havainnossa.

Harhan voimakkuus on riippuvainen ulkoisesta ja sisäisestä kohinasta. Ulkoinen kohina on ärsykkeessä olevaa kohinaa tai ympäristön aiheuttamaa kohinaa, esimerkiksi epätasaisuutta värisävyssä pinnalla tai epätasainen valaistus. Sisäinen kohina taas tarkoittaa aistijärjestelmässä aiheutuvaa epävarmuutta. Esimerkiksi ärsykkeen pitäminen muistissa lisää kohinaa ärsykkeen edustukseen. Molemmat kohinatyyppit vahvistavat keskilukuharhan voimakkuutta (Ashourian & Loewenstein, 2011; Olkkonen ym., 2014). Lisäksi myös kognitiivinen kuormitus lisää harhan voimakkuutta (Allred ym., 2016).

Keskilukuharhan synnystä on esitetty kaksi mallia: kategoriasäätömalli (engl. *category adjustment model*, CAM) (Huttenlocher ym., 2000) sekä bayesilaisen teorian mukainen malli (Ashourian & Loewenstein, 2011; Jazayeri & Shadlen, 2010). CAM:n mukaan aistijärjestelmä yhdistää ärsykkeestä saadun epätarkan aisti-informaation kyseisen ärsykkeen kategorian informaatioon, eli ärsykkeen edustusta säädetään kategorian keskiluvulla (Huttenlocher ym., 2000). Aisti-informaation ja keskiluvun painotuksen suhde riippuu aisti-informaation tarkkuudesta siten, että kategoriainformaatiota hyödynnetään enemmän, kun aisti-informaatio on kohinaista (Huttenlocher ym., 2000). Näin aistijärjestelmä voi minimoida kohinan vaikutusta havaintoon ja saavuttaa parhaan keskimääräisen tarkkuuden ärsykkeen havainnossa, vaikka yhdistäminen aiheuttaa harhaa yksittäisiin havaintoihin. Bayesilaisen teorian mukainen malli on samankaltainen kuin CAM. Myös bayesilaisessa mallissa keskilukuharhan tarkoitus on vähentää kohinan vaikutusta ja optimoida keskimääräistä suoritusta. Sen mukaan aistijärjestelmä käyttää bayesilaista päättelyä ärsykkeen havainnon muodostuksessa yhdistämällä kohinaisen aisti-informaation ja tiedon ärsykkeen priorijakaumasta (Ashourian & Loewenstein, 2011). Tämä priorijakauma arvioidaan jo pienestä määrästä ärsykeitä (Ashourian & Loewenstein, 2011).

1.3. Sarjallinen vastausvinouma

Sarjallinen vastausvinouma tarkoittaa edellisten vastausten vaikututusta nykyiseen vastaukseen tehtävässä, jossa koehenkilöllä on kaksi vastausvaihtoehtoa (Fernberger, 1920). Vastausvinouma voi olla joko toistava tai vaihtava. Koehenkilö voi siis olla taipuvainen toistamaan saman vastauksen, kuin hänen edellinen vastauksensa oli, tai vaihtamaan vastaustaan edellisestä. Vastausvinoumassa on havaittu paljon yksilöiden välistä vaihtelua, eli osa ihmisistä on taipuvaisia vaihtamaan tai toistamaan vinoumaan ja joillakin ei ole vastausvinoumaa ollenkaan (Abrahamyan, Silva, Dakin, Carandini & Gardner, 2016; Fründ, Wichmann & Macke, 2014; Zhang & Alais, 2020). Pääasiallinen taipumus vaikuttaisi olevan toistaa edellistä vastausta (Akaishi, Umeda,

Nagase & Sakai, 2014; Braun, Urai & Donner, 2018; Fründ ym., 2014; Zhang & Alais, 2020). Vastausvinouma kuitenkin riippuu koeasetelmasta: jos koekertojen esittäminen ei ole satunnaista vaan oikealla vastauksella on taipumus vaihtua tai pysyä koekerrasta toiseen, vastausvinouma mukautuu tähän sopivaksi (Abrahamyan ym., 2016; Braun ym., 2018). Jos siis sama oikea vastaus toistuu todennäköisesti, koehenkilöiden vastausvinouma sopeutuu siten, että edellistä vastausta aletaan toistaa.

Vastausvinouman lähde voi olla motorinen tai se voi johtua edellisestä päätöksestä. Tutkimuksissa, joissa vastausnappien merkitystä on vaihdeltu koekertojen välillä, on havaittu, että toistava vastausvinouma ei ole motorinen, vaan päätöstä toistetaan (Braun ym., 2018; Zhang & Alais, 2020). Motorisella vastauksella taas näyttää olevan heikko vaihtava sarjallinen riippuvuus, joka voi selittää yksilöiden väliset erot vastausvinoumissa (Zhang & Alais, 2020).

1.4. Historiaiefektien suhde toisiinsa

1.4.1. Sarjariippuvuus ja keskilukuharha

Missään aikaisemmassa näköaistin tutkimuksessa ei ole tutkittu sekä sarjariippuvuutta että keskilukuharhaa samanaikaisesti, vaikka ilmiöiden tausta, eli edelliset ärsykkeet ja edellisten ärsykkeiden keskiarvo, ovat rakenteellisesti väistämättä yhteydessä toisiinsa useimmissa koeasetelmissa. Jos X ja Y ovat symmetristä jakaumaa noudattavia satunnaismuuttujia, niin $P(Y < X) > 0.5$, jos X on suurempi kuin jakauman keskiarvo, ja $P(Y > X) > 0.5$, jos X on pienempi kuin jakauman keskiarvo. Näin ollen, jos ärsykkeet valitaan satunnaisesti symmetrisestä jakaumasta, kuten useimmissa kokeissa on, edellinen ärsyke on todennäköisesti samaan suuntaan nykyisestä ärsykkeestä ärsykeavaruudessa kuin kaikkien ärsykkeiden keskiarvo. Samoin, jos useampi ärsyke taaksepäin aiheuttaa puoleensavetävää sarjariippuvuutta, näiden ärsykkeiden keskiarvo lähestyy kaikkien ärsykkeiden keskiarvoa, kun mukaan otettavien ärsykkeiden lukumäärä kasvaa. Enemmistössä koekerroista keskilukuharhan ja sarjariippuvuuden vaikutus koehenkilöiden vastauksiin on siis samansuuntainen.

Lisäksi ilmiöiden käyttäytyminen ja teoreettiset merkitykset aistihavainnolle ovat melko samankaltaisia, mutta vielä ei tiedetä, perustuvatko ne eri ilmiöihin. Molemmat harhat kuitenkin vahvistuvat muistiviiveen aikana (Barbosa & Compte, 2020; Bliss ym., 2017; Fritsche ym., 2017; Olkkonen ym., 2014) ja havainnon epävarmuuden kasvaessa (Ceylan ym., 2021; Xiang ym., 2021). Bayesilaisessa viitekehityksessä molempien voidaan ajatella vakauttavan havaintoa ajan yli siten, että

aistijärjestelmä yhdistää aikaisemman priorin nykyiseen kohinaiseen mittaukseen ärsykkeestä (Ashourian & Loewenstein, 2011; Cicchini ym., 2018; Fritsche ym., 2020; Kalm & Norris, 2018). Äänenkorkeuden erottelun tutkimuksessa sarjariippuvuuden on ehdotettu itseasiassa kuvaavan keskilukuharhan syntymistä: sarjariippuvuus voisi johtua siitä, että viimeisimmille ärsykeille annetaan suurempi painoarvo päivitettäessä priori-jakaumaa (Raviv ym., 2012).

Sarjariippuvuutta on mallinnettu kaikkien kokeen ärsykkeiden yli käyttäen mallia, jossa sovitetaan orientaation havaitsemisen aineistoon (Fischer & Whitney, 2014) muuttuja, joka määrittää jokaisen edellisen ärsykeen vaikutuksen voimakkuuden nykyisen ärsykeen havaintoon (Kalm & Norris, 2018). Tutkimus ei mainitse keskilukuharhaa, mutta malli, joka ottaa sarjariippuvuuden kaikista edellisistä ärsykeistä tasaisesti, eli keskiarvon, vastaa keskilukuharhaa, koska kokeessa ärsykejakauma oli symmetrinen. Aineistoon parhaiten sopi malli, joka ottaa huomioon sarjariippuvuuden kolmesta tai neljästä edellisestä koekerrasta (Kalm & Norris, 2018), eli malli ei löytänyt keskilukuharhaa. Toisaalta malli pakotti kaikki sarjariippuvuudet puoleensavetäviksi, kun myös hylkivät sarjariippuvuudet ovat mahdollisia.

1.4.2. Sarjariippuvuus ja vastausvinouma

Myös sarjariippuvuus ja sarjallinen vastausvinouma ovat useimmissa tutkimuksissa, joissa koehenkilöt vastaavat kahden vaihtoehdon väliltä, rakenteellisesti yhteydessä toisiinsa. Esimerkiksi jos koehenkilön tehtävä on luokitella ärsykeitä kahden kategorian välillä, ärsyke ja vastaus korreloivat vahvasti keskenään, jolloin edellisen vastauksen ja edellisen ärsykeen aiheuttamia harhoja on vaikea erottaa toisistaan. Tutkimuksissa, joissa erotellaan näitä harhoja toisistaan, on havaittu, että edellinen vastaus yleensä toistetaan ja edellinen ärsyke ei aiheuta harhoja (Akaishi ym., 2014; Braun ym., 2018; Fründ ym., 2014; Zhang & Alais, 2020) tai aiheuttaa hylkivän sarjariippuvuuden (Bosch, Fritsche, Ehinger & de Lange, 2020).

Edellisen ärsykeen hylkivä vaikutus tai vaikutuksen puuttuminen ovat ristiriidassa sarjariippuvuuden tutkimuksen kanssa, joka on pääsääntöisesti havainnut puoleensavetävän sarjariippuvuuden edelliseen ärsykeeseen käyttäen menetelmää, jossa koehenkilö säätää toisen ärsykeen samanlaiseksi kuin hänen havaintonsa testiärsykkeestä oli. Lähes kaikissa kokeissa, joissa koehenkilö luokittelee ärsykeitä kahteen kategoriaan, on kuitenkin käytetty kahta selvästi toisistaan erilaista kategoriaa ärsykeistä, esimerkiksi liike ylöspäin tai alaspäin, eivätkä ne muodosta jatkuvaa jakaumaa (ks. Akaishi ym., 2014; Braun ym., 2018; Zhang & Alais, 2020).

Sarjariippuvuus taas ilmenee melko kapealla välillä ärsykejakaumassa, joten on mahdollista, että näissä kokeissa erot ärsykkeiden välillä ovat liian suuria sarjariippuvuuden aiheuttamiseksi.

Lisäksi kahden vaihtoehdon tehtävää käyttävissä tutkimuksissa ärsyke ja vastaus eroavat toisistaan vain silloin, kun koehenkilö vastaa väärin. Jos väärä vastaus ei ollut virhepainallus, koehenkilön havainto ärsykkeestä oli sama kuin hänen vastauksensa, eli eri kuin esitetty ärsyke oli. Jos sarjariippuvuus on ylemmän tiedonkäsittelytason prosessien aiheuttama eikä synny primaarilla näköaivokuorella, on mahdollista, että sarjariippuvuudessa havainto vääristyy edellistä havaintoa kohti eikä itse edellistä ärsykettä kohti. Tällöin ärsykkeen vaikutus näyttäytyy hylkivänä harhana koeasetelmassa, jossa luokitellaan ärsykeitä kahteen luokkaan ilman vaihtuvaa referenssiärsykettä (ks. Bosch ym., 2020).

1.5. Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tässä tutkielmassa selvitetään eri historiaefektien vaikutusta näköhavaintoon. Tarkastelun kohteena ovat sarjariippuvuus, keskilukuharha ja vastausvinouma. Tavoitteena on selvittää, mitkä ovat näiden harhojen itsenäiset vaikutukset näköhavaintoon. Kirjoittajan tietojen mukaan missään aikaisemmassa näköaistin tutkimuksessa ei ole käsitelty sekä sarjariippuvuutta että keskilukuharhaa samanaikaisesti, vaikka ilmiöt liittyvät toisiinsa ja ovat mahdollisesti osittain päällekkäisiä. Lisäksi käytetään koeasetelmaa, joka pystyy lähes täysin erottelemaan sarjariippuvuuden ja sarjallisen vastausvinouman toisistaan.

Näköhavaintoa tutkitaan kahdella kokeella eri näköaistin osa-alueissa: värien ja orientaation havaitseminen. Kokeet ovat muuten samanlaiset, mutta niissä käytetään eri ärsykeitä. Värien havaintoa tutkitaan yksinkertaisella värisävyjen erottelun tehtävällä. Orientaation havainnon tutkimiseen käytetään juovastoja ja niiden orientaation erottelua. Värisävyjen ja orientaation havaitsemista ei ole usein verrattu. Tulosten odotetaan kuitenkin olevan samankaltaisia molemmissa kokeissa, koska aikaisemmassa tutkimuksessa historiaefektejä on havaittu niin laajalle joukolle erityyppisiä ärsykeitä.

Historiaefektit vahvistuvat muistiviiveen aikana. Tässä tutkimuksessa käytetään kahta eri ärsykkeiden välisen ajan pituutta, jotta voidaan tarkastella viiveen vaikutusta eri harhoihin. Ajat valitaan niin, että nopeassa tilanteessa on kaksi kertaa nopeampi ärsykkeiden esitystahti. Hypoteesi on, että pidempi viive ärsykkeiden välillä voimistaa kaikkia historiaefektejä. Ärsykkeiden

esitystahti pidetään myös samana koko koesarjan ajan, eikä jäädä odottamaan koehenkilön vastausta kuten perinteisesti havaintopsykologian kokeissa tehdään. Näin kaikkien ärsykkeiden ajallinen etäisyys toisistaan on sama, ja niitä voidaan verrata toisiinsa, jolloin sarjariippuvuuden tarkastelu useampi ärsyke taaksepäin on kontrolloidumpaa. Aikaisemmassa tutkimuksessa ajan on havaittu olevan ärsykkeiden määrää merkittävämpi tekijä sille, kuinka pitkälle ärsykehistoriassa sarjariippuvuus ulottuu. Näin ollen odotus on, että nopean tahdin tilanteessa sarjariippuvuus havaitaan noin kaksi kertaa useammalle ärsykkeelle taaksepäin kuin hitaan tahdin tilanteessa.

2. Metodit

2.1. Koehenkilöt

Kokeeseen 1 (värisävy) osallistui 11 koehenkilöä, jotka rekrytoitiin Helsingin yliopiston opiskelijoista. Kaikki koehenkilöt olivat naisia, ja heidän ikinsä keskiarvo oli 21.09 vuotta (vaihteluväli 19–26 vuotta). Kaikilla oli normaali tai normaaliksi korjattu näöntarkkuus. Kaikkien värinäkö testattiin Ishiharan värinäkötestillä (Ishihara, 1973) ja todettiin normaaliksi.

Kokeeseen 2 (orientaatio) osallistui 7 uutta koehenkilöä. Yksi koehenkilö oli mies; muut olivat naisia. Koehenkilöiden ikien keskiarvo oli 20.00 vuotta (vaihteluväli 19–23 vuotta). Kaikilla koehenkilöillä oli normaali tai normaaliksi korjattu näöntarkkuus.

Helsingin yliopiston ihmistieteiden eettinen toimikunta antoi kokeille tutkimuseettisen luvan. Ennen kokeeseen osallistumista koehenkilöt allekirjoittivat kirjallisen suostumuksen. Palkkiona osallistumisesta koehenkilöt saivat 20 euron lahjakortin tai kahden tunnin suorituksen koehenkilövelvollisuudesta psykologian oppiaineen peruskurssia varten.

2.2. Laitteisto

Kokeet tehtiin HP Z230 Desktop PC -tietokoneella (HP Inc., Palo Alto, Yhdysvallat). Kokeet implementoitiin Matlab-ohjelmistolla (versio R2016b) käyttäen PsychToolBoxia (Brainard, 1997; Kleiner, Brainard & Pelli, 2007; Pelli, 1997). Ärsykkeet näytettiin 23-tuumaisella VIEWPixx-monitorilla (VPixx Technologies Inc., Saint-Bruno, Kanada), jonka resoluutio oli 1920×1080 pikseliä ja virkistystaajuus oli 100 Hz. Näyttöä käytettiin tilassa, jossa värisvyys oli 10 bittiä kanavaa kohti, ja sen maksimiluminanssi oli 250 cd/m^2 . Näytönohjain oli Nvidia Quadro K620 (Nvidia Corporation, Santa Clara, Yhdysvallat).

Koehenkilöt suorittivat kokeen pimennetyssä huoneessa. Katseluetäisyydeksi säädettiin leukatuen avulla 100 cm näytöstä. Koehenkilöt antoivat vastauksensa koetehtävään RESPONSEPixx-laitteella (VPixx Technologies Inc., Saint-Bruno, Kanada), jossa on neljä eriväristä nappia kulmallaan seisovan neliön muodostelmassa.

2.3. Ärsykkeet

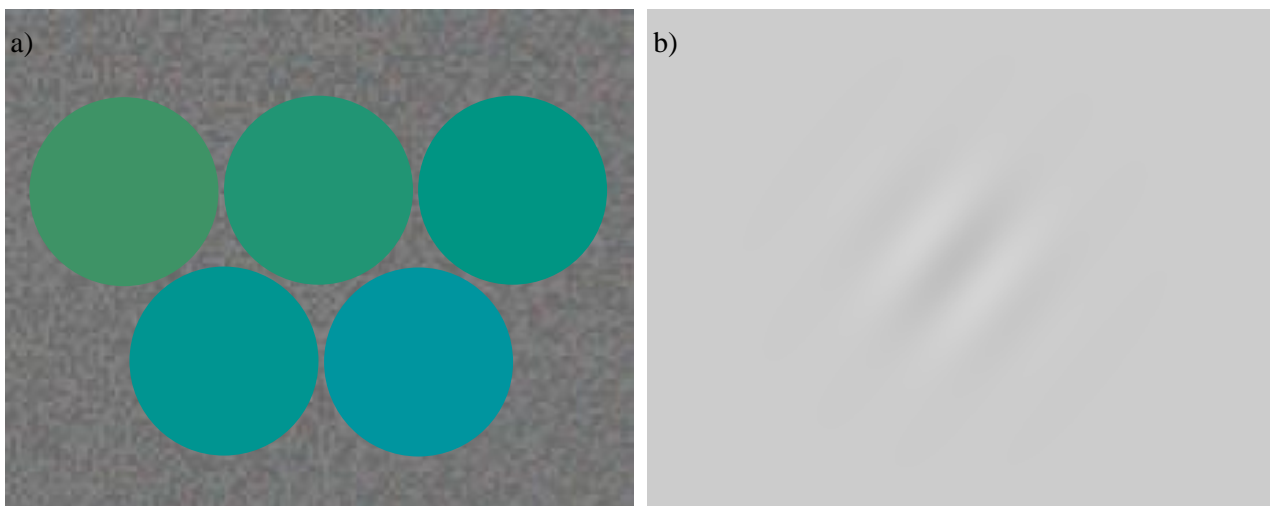
2.3.1. Koe 1: värisävy

Ärsykkeinä käytettiin värillisiä ympyröitä, joiden halkaisija oli 3 näkökulma-astetta. Ärsykkeet valittiin käyttäen referenssivalkoisena D65:sta CIELAB-väriavaruudesta, joka on havainnoitavasti yhtenäinen keskimääräisellä havainnoitsijalla (Wyszecki & Stiles, 1982). Tämä tarkoittaa sitä, että väriavaruuden kaikissa osissa vaaditaan yhtä suuri muutos värin arvossa, jotta muutos voidaan havaita. Ärsykkeet määritettiin avaruuden sylinterisissä LCh-koordinaateissa, missä L-koordinaatti vastaa vaaleutta, C kromaattisuutta ja h värisävyä. Ärsykkeet erosivat toisistaan vain sävyn suhteen: kaikkien värien vaaleus oli 55 ja kromaattisuus 40. Viisi referenssiärsykettä valittiin 156 ja 204 sävyasteen väliltä 12 sävyasteen välein (kuva 1a). Vertailuärsykkeet valittiin referenssien ympäriltä portaikkomenetelmää käyttäen (kuvattu kohdassa 2.5).

Ärsykkeet esitettiin kohinaisella taustalla jälkikuvien ehkäisemiseksi. Taustan keskiarvoisen värin koordinaatit olivat $L = 50$, $a = 0$, $b = 0$ CIELAB-väriavaruudessa. Kohina oli tasajakautunutta, ja sitä oli maksimissaan 5 yksikköä jokaisella väriavaruuden dimensiolla. Kohina vaihtui jokaisen koekerran jälkeen vastaustauon aikana.

2.3.2. Koe 2: orientaatio

Ärsykkeinä käytettiin Gabor-juovastoja (kuva 1b), jotka erosivat toisistaan vain orientaatioltaan. Gabor-juovastot ovat sinimuotoisia juovastoja kerrottuna gaussilaisella ikkunalla. Juovastojen Michelson-kontrasti oli 20 %, paikkataajuus oli 1 jakso/näkökulma-aste, ja gaussilaisen ikkunan



Kuva 1. Kokeissa käytetyt ärsykkeet taustallaan. Värin on muunnettu sRGB-muotoon.

keskihajonta oli 0.71 näkökulma-astetta. Kaikki juovastot olivat kosinivaiheessa niiden keskipisteeseen nähden. Koska kardinaalisuunnat aiheuttavat vääristymiä orientaation havaitsemisessa (Girshick, Landy & Simoncelli, 2011), koehenkilöt tekivät puolet koesarjoista ärsykkeillä, jotka olivat kallistuneet myötäpäivään, ja puolet ärsykkeillä, jotka olivat kallistuneet vastapäivään. Viisi referenssiärsykettä valittiin väliltä 33 ja 57 astetta tai väliltä –33 ja –57 astetta kuuden asteen välein. Vertailuärsykkeet valittiin portaikkomenetelmällä referenssien ympäriltä (portaikkomenetelmä kuvattu kohdassa 2.5).

Ärsykkeet esitettiin tasaisen harmaalla taustalla, jonka luminanssi oli 125 cd/m². Harmaan sävy oli metameerinen D65:n kanssa, jonka CIE x,y -kromaattisuusarvot ovat $x = 0.31$ ja $y = 0.33$.

2.4. Simulaatiot ja mittausmenetelmän valinta

Mittausmenetelmä valittiin käyttäen simulaatioita. Koetta simuloitiin Matlab-ohjelmistolla (versio R2020b) luomalla referenssi- ja vertailuärsykepareja joko konstanssimenetelmän tai portaikkomenetelmän mukaisesti. Konstanssimenetelmässä vertailuärsykkeiden arvot valitaan etukäteen referenssiärsykkeiden ympäriltä, ja referenssi- ja vertailuärsykeparit esitetään satunnaisessa järjestyksessä (Urban, 1910). Portaikkomenetelmä taas on adaptiivinen menetelmä (Wetherill & Levitt, 1965). Vertailuärsykkeen tasoa vaihdetaan koehenkilön edellisten vastausten perusteella niin, että koehenkilön vastatessa vertailuärsykkeen olevan suurempi (sinisempi, enemmän oikealle kallellaan) kuin referenssiärsyke, seuraava vertailuärsyke on yhden ennalta päätetyn askeleen pienempi. Vastaavasti jos vastataan, että vertailuärsyke on pienempi, seuraavan vertailuärsykkeen arvoa kasvatetaan yhden askeleen verran.

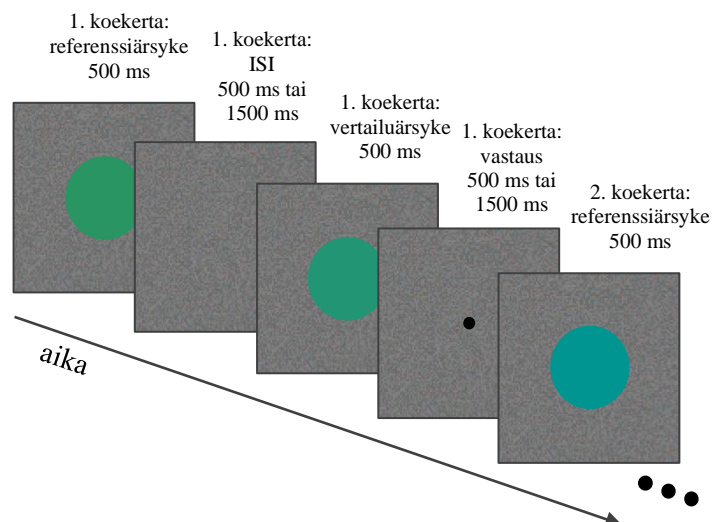
Simuloidut ärsykearvot annettiin simuloidulle havainnoitsijalle, jolla oli keskilukuharha, kolme koekertaa kestävä sarjariippuvuus ja sarjallinen vastausvinouma. Harhat lisättiin havainnoitsijan havaintoon lineaarisesti summaamalla, eikä niillä ollut interaktioita. Lisäksi havainnoitsijan havaintoihin summattiin normaalijakautunut satunnaisluku, joka vastaa sensorista kohinaa. Harhojen ja kohinan tasot arvioitiin aiemman tutkimuksen perusteella. Havainnoitsija palautti arvon, joka kertoi, oliko havaittu vertailuärsykkeen arvo suurempi vai pienempi kuin havaittu referenssiärsykkeen arvo kyseisellä koekerralla. Vastauksia analysoitiin samoilla menetelmillä kuin myöhemmin varsinaisten kokeiden aineistoa (ks. luku 2.6.). Simulaatiot toistettiin 100 kertaa, ja keskimääräisten regressiokertoimien ja tilastollisesti merkitsevien regressiokertoimien osuutta vertailtiin kahden eri mittausmenetelmän välillä.

Yleistettyjen lineaaristen sekamallien tulosten pohjalta kokeeseen valittiin portaikkomenetelmä. Portaikkomenetelmän käyttöön päädyttiin, vaikka se aiheuttaa pienen korrelaation edellisten ärsykkeiden ja nykyisen koekerran ärsykkeiden välillä, koska simulaatioiden tulosten perusteella tämä korrelaatio on niin pieni, että sillä ei ole vaikutusta analyysien tuloksiin mittausmenetelmien välillä. Portaikkomenetelmän etu taas on se, että sen avulla voidaan varmasti arvioida subjektiivisen samankaltaisuuden piste, vaikka keskilukuharha aiheuttaisi pisteen siirtymisen. Tätä siirtymää on vaikea arvioida etukäteen, ja on mahdollista, että siinä on yksilöllisiä eroja, joten konstaanssimenetelmää käytettäessä on riski lattia- ja kattoefekteille. Portaikkomenetelmällä ei myöskään esitetä yhtä suurta määrää ärsykepareja, joiden arviointi on niin helppoa, että historiaefektien vaikutukset eivät ole havaittavissa vastauksista.

2.5. Koemenettely

Koesarjoja oli kahta tyyppiä: lyhyen ärsykkeiden välisen tauon (engl. *inter-stimulus interval*, ISI) sarja ja pitkän ISI:n sarja. Lyhyemmässä sarjassa ISI oli pituudeltaan 500 ms, ja koko sarja kesti noin 15 minuuttia. Pitkässä sarjassa ISI oli 1500 ms, ja sarjan suorittaminen kesti noin 30 minuuttia taukoineen. Jokaisessa koesarjassa oli 400 koekertaa, joiden järjestys oli satunnainen. Koehenkilöt saivat pitää taukoa vähintään joka sadan vertailun jälkeen, eli kolme kertaa sarjan aikana. Koehenkilöt suorittivat kaksi koesarjaa yhden tunnin mittaisen session aikana. Jokaisella koehenkilöllä oli kaksi sessiota, joten jokainen koesarja tehtiin kaksi kertaa. Koesarjojen suoritusjärjestys tasapainotettiin koehenkilöiden välillä.

Yhden koekerran aikana koehenkilölle esitettiin näytöllä ensin referenssiärsyke ja sen jälkeen vertailuärsyke. Kokeessa 1 (värisävy) koehenkilöiden tehtävänä oli vastata “oliko parin jälkimmäinen ärsyke vihreämpi vai sinisempi kuin ensimmäinen ärsyke?”. Koehenkilöt vastasivat painamalla joko vihreää tai sinistä nappia. Kokeessa 2 (orientaatio) koehenkilöt vastasivat kysymykseen “oliko parin jälkimmäinen ärsyke



Kuva 2. Kokeen kulku. Koeohjelma ei jäänyt odottamaan vastausta, vaan vastausruutu kesti ärsykkeiden välisen intervallin eli ISI:n (500 tai 1500 ms) ajan. Näin varmistettiin se, että kaikkien koekertojen välinen aika oli sama.

kallistunut vasemmalle vai oikealle verrattuna parin ensimmäiseen ärsykkeeseen?” Vastaus annettiin painamalla vasemman tai oikeanpuoleista nappia.

Kokeen kulku on kuvattu kuvassa 2. Ärsykkeiden esitysaika oli 500 ms. Saman koeerran ärsykkeiden välissä näytöllä oli vain taustaa ISI:n keston ajan. Vertailuärsykkeen jälkeen esitettiin musta fiksaatiopiste ISI:n keston ajan, jonka jälkeen esitettiin uusi referenssiärsyke. Koehenkilöt ohjeistettiin vastaamaan fiksaatiopisteen aikana. Koeohjelma ei odottanut koehenkilöiden vastauksia, vaan koehenkilöiden oli pysyttävä jatkuvan ärsykevirran tahdissa. Jos koehenkilö jätti vastaamatta tai vastasi liian hitaasti viisi kertaa peräkkäin, ohjelma pakotti koehenkilön pitämään ylimääräisen tauon. Koehenkilöitä neuvottiin kuitenkin välttämään tätä tilannetta, ja jatkamaan seuraavasta ärsykeparista, jos jokin vastaus jäi välistä esimerkiksi tarkkaavaisuuden herpaantumisen vuoksi.

Vertailuärsykkeet valittiin käyttäen portaikkomenetelmää. Yhden koesarjan aikana suoritettiin neljä portaikkoa jokaista referenssiärsykettä kohti. Jokaista portaikkoa toistettiin 20 kertaa satunnaisessa järjestyksessä. Kaksi portaikoista oli 1-ylös-1-alas-portaikkoja, jotka lähtivät 12 asteen päästä referenssiärsykkeestä. Toisen portaikon askelkoko oli 1.5 astetta ja toisen 6 astetta. Kolmas portaikko oli 1-ylös-2-alas-portaikko, eli alaspäin liikkumiseen vaadittiin kaksi peräkkäistä samansuuntaista vastausta. Tämä portaikko lähti 13.5 asteen päästä referenssistä ja askelkoko oli 4.5 astetta. Viimeinen portaikko oli 2-ylös-1-alas-portaikko, jonka aloituspiste oli –13.5 astetta referenssistä ja jonka askelkoko oli myös 4.5 astetta. Kolme koehenkilöä teki kokeessa 2 kaksi koesarjaa vaikeammilla portaikoilla. Portaikit kuitenkin vaihdettiin kesken kokeen edellä kuvattuihin, koska tehtävä oli koehenkilöille liian vaikea. Aineisto kuitenkin otettiin mukaan analyysiin.

2.6. Tilastolliset menetelmät

Kokeessa 2 aineisto myötä- ja vastapäivään kallistuneista tilanteista yhdistettiin peilaamalla pystysuoran suunnan mukaan niin, että vastapäivään kallistuneiden ärsykkeiden kallistuskulmasta otettiin itseisarvo. Kaikki koehenkilöiden vastaukset käännettiin myös toisinpäin. Näin ollen ärsykkeiden arvo kertoi sen, kuinka monta astetta ärsyke oli kallellaan pystysuoraan nähden. Koehenkilön vastaukset taas vastasivat kysymykseen ”oliko jälkimmäinen ärsyke enemmän kallellaan pois päin pystysuorasta ärsykkeestä kuin ensimmäinen ärsyke”.

Kaikille koehenkilöille sovitettiin psykometriset funktiot erikseen jokaiselle referenssiärsykkeelle. Psykometriset funktiot kuvaavat vastaustodennäköisyyttä vastata ”sinisempi” tai ”poispäin kallellaan pystysuorasta” vertailu- ja referenssiärsykkeen erotuksen funktiona. Lisäksi sovitettiin psykometrisia funktioita niin, että koekerrat jaettiin ärsykehistorian mukaan erilaisiin ryhmiin. Näistä sovituksista voitiin vertailla sitä, miten ärsykehistoria vaikuttaa vastaustodennäköisyyksiin. Psykometrisina funktioina käytettiin kumulatiivisen normaali jakauman funktiota, jonka parametrit odotusarvo ja keskihajonta sovitettiin aineistoon suurimman uskottavuuden menetelmällä. Funktioiden sovituksista otettiin subjektiivisen samankaltaisuuden pisteet (engl. *point of subjective equality*, PSE), joita vertailtiin parittaisilla t-testeillä. Tässä tapauksessa PSE oli sama kuin sovituksista saatu funktion odotusarvo.

Psykometristen funktioiden tarkastelun seurauksena analyysistä jätettiin pois yksi koesarja yhdeltä koehenkilöltä orientaatiotehtävässä pitkän ISI:n tilanteessa, koska funktiot sovittuivat väärinpäin tai niiden kulma oli vaakasuora. Lisäksi toinen koesarja orientaatiotehtävän pitkän ISI:n tilanteessa jätettiin pois, koska koehenkilö huomasi itse ymmärtäneensä tehtävän väärin. Koekerrat, joissa koehenkilö ei ollut vastannut, jätettiin pois analyysistä. Näitä koekertoja oli kokeessa 1 lyhyen ISI:n tilanteessa 65, eli 0.74 % kaikista koekerroista (8800), ja pitkän ISI:n tilanteessa 29, eli 0.33 % koekerroista. Kokeessa 2 lyhyen ISI:n tilanteessa vastaamattomia koekertoja oli 139, eli 2.48 % kaikista koekerroista (5600) ja pitkän ISI:n tilanteessa 17, eli 0.35 % 4800 koekerrasta. Näiden koekertojen ärsykkeiden arvot laskettiin kuitenkin mukaan kumuloituvaan keskiarvoon tai edellisiksi ärsykeiksi regressiomallin faktoreihin, koska aikaisempien tutkimusten perusteella myös ärsykkeet, joihin ei anneta vastausta, aiheuttavat historiaefektejä (Czoschke ym., 2019; Fischer & Whitney, 2014; Fornaciai & Park, 2018a; Liberman ym., 2014; Togoli ym., 2021).

Historiaefektien itsenäisiä vaikutuksia tarkasteltiin yleistetyillä lineaarisilla sekamalleilla, joissa linkkifunktiona oli binomiaalinen probit-funktio. Riippuvana muuttujana oli vastaus nykyisessä koekerrassa. Koehenkilöt olivat mallissa satunnainen ryhmittelyfaktori. Regressiomallit sovitettiin erikseen eri ISI:n pituuksille suurimman uskottavuuden menetelmällä. Jokaiselta koekerralta tarkasteltiin nykyisten ärsykkeiden arvoja, vastausta nykyisiin ärsykkeisiin, edellisten ärsykkeiden arvoja kahdeksan koekertaa taaksepäin, keskiarvoa kaikista koesarjan edellisistä ärsykkeistä, edellisen koekerran vastausta ja reaktioaikoja nykyisessä ja edellisessä koekerrassa. Edellisten ärsykkeiden arvojen vaikutus nykyisiin vastauksiin vastaa sarjariippuvuutta. Raja asetettiin kahdeksaan koekertaan taaksepäin, koska aikaisemmassa tutkimuksessa on havaittu efektejä korkeintaan 5 tai 6 koekertaa taaksepäin (Van der Burg ym., 2019). Kaikkien edellisten ärsykkeiden

keskiarvon vaikutus nykyisiin vastauksiin on sen sijaan keskilukuharha. Edellisen koekerran vastaukset taas aiheuttavat vastausvinoumia.

Suurin osa regressiomallien faktoreista muodostettiin nykyisen koekerran referenssin ja kiinnostuksen kohteena olevan tekijän erotuksena. Näin saatiin tekijän suhteellinen sijainti ärsykeavaruudessa nykyiseen koekertaan. Erotuksessa käytettiin referenssin arvoa, koska referenssiärsyke oli esitysjärjestyksessä aina ensimmäinen. Tällöin sitä oli pidettävä muistissa, joten historiaefektien vaikutuksen tulisi olla voimakkaampi (Barbosa & Compte, 2020; Bliss ym., 2017; Olkkonen ym., 2014). Tällä tavalla muodostettiin faktorit, jotka kuvasivat keskilukuharhaa ja sarjariippuvuuksia kahdeksan koekertaa taaksepäin. Keskilukuharhan faktorissa (*keskiarvo*) käytettiin keskiarvoa kaikista koesarjan edellisten ärsykkeiden arvoista, joten faktorin arvot olivat nykyisen koekerran referenssin ja keskiarvon erotus. Koesarjan ensimmäiselle koekerralle arvo koodattiin puuttuvaksi. Sarjariippuvuutta kuvaavat faktorit muodostettiin edellisten ärsykkeiden arvoista kahdeksan koekertaa taaksepäin. Koska yhden koekerran referenssiärsyke ja vertailuärsyke korreloivat voimakkaasti (korrelaatiokerroin aina yli .91), muodostettiin faktorit (*t-1-ärsykkeet*, *t-2-ärsykkeet*, *t-3-ärsykkeet*, jne. missä *t* on nykyisen koekerran järjestysluku) siten, että otettiin keskiarvot edellisten koekertojen referenssiärsykkeestä ja vertailuärsykkeestä. Koesarjan ensimmäiset arvot ja jokaisen tauon jälkeen ensimmäiset arvot kirjattiin puuttuviksi, kunnes kahdeksan koekertaa oli kulunut.

Edellisen koekerran vastaus koodattiin faktoriin *t-1-vastaus* siten, että vastaus ”vertailuärsyke oli suurempi” (sinisempi tai kallellaan oikealle) sai arvon 1 ja vastaus ”vertailuärsyke oli pienempi” (vihreämpi tai kallellaan vasemmalle) arvon -1. Lisäksi regressiomalleissa oli aina mukana kontrolloivana faktorina nykyisen koekerran vertailuärsykeen ja referenssiärsykeen arvojen erotus (*ärsykkeet*), joka kertoi, mihin suuntaan ja kuinka paljon vertailuärsyke erosi referenssiärsykkeestä. Tavallisessa psykometriisiin funktioihin perustuvassa analyysissä tämä faktori oli ainoa informaatio, joka otettiin huomioon.

Molempien ISI:n kestojen tilanteiden aineistoon sovitettiin ensin kaikki faktorit yksitellen kontrolloivan faktorin ja ryhmittelevän faktorin kanssa. Tämä tehtiin siksi, että aineistossa oli paljon rakenteellista multikollineaarisuutta (ks. luku 1.4.1.). Faktoreiden väliset korrelaatiomatriisit on kuvattu liitteessä 1. Yksittäin sovitettujen faktoreiden regressiokertoimien merkkiä verrattiin saman faktorin merkkiin kokonaisissa malleissa ja ne otettiin huomioon mallien tulkinnessa. Kokonaisten

mallien residuaalien normaalisuutta tarkasteltiin silmämääräisesti jakaumakuvaajasta.

Normaalisuustestiä ei käytetty, koska havaintojen määrä oli suuri.

Historiaefektien itsenäisten vaikutusten tarkastelemiseksi molempien ISI:n kestojen aineistoihin erikseen sovitettiin yleistetyt lineaariset sekamallit. Mallien kiinnostuksen kohteena olevat faktorit olivat *keskiarvo*, *t-I-vastaus* ja kaikki edellisten koekertojen ärsykkeiden faktorit. Näistä malleista tarkasteltiin, mitkä edellisiin ärsykkeisiin liittyvät muuttujat olivat itsenäisesti yhteydessä vastaukseen nykyisessä koekerrassa ja arvioitiin yhteyden voimakkuutta. Koehenkilöiden välistä vaihtelua kartoitettiin sovittamalla jokaiselle koehenkilölle erikseen samanlaiset mallit ilman ryhmittelevää tekijää.

ISI:n pituuden aiheuttamia vaikutuksia testattiin tarkemmin yhdistämällä aineisto molemmista ISI:n keston tilanteista ja koodaamalla ISI:n kesto luokittelumuuttujaan, jossa arvo 0 vastasi lyhyen ISI:n tilannetta ja arvo 1 vastasi pitkän ISI:n tilannetta. Näin yhdistettyyn aineistoon sovitettiin yleistetty lineaarinen sekamalli, jossa kaikille yksinkertaisen mallin kiinteille faktoreille lisättiin interaktio ISI:n luokittelumuuttujan kanssa. Tässä mallissa tilastollisesti merkitsevä interaktio tarkoittaa sitä, että ISI:llä on vaikutus jonkin historiaefektin voimakkuuteen.

Aineisto siivottiin edellä kuvatulla tavalla, psykometriset funktiot sovitettiin ja faktorit regressioanalyysia varten muodostettiin käyttäen Matlab-ohjelmistoa (versio R2021a). T-testit ja regressioanalyysit tehtiin R-kielellä (4.0.4) R studio -ohjelmistossa (versio 1.4.1106).

Regressioanalyysissa käytettiin lme4-pakettia (Bates, Mächler, Bolker & Walker, 2015).

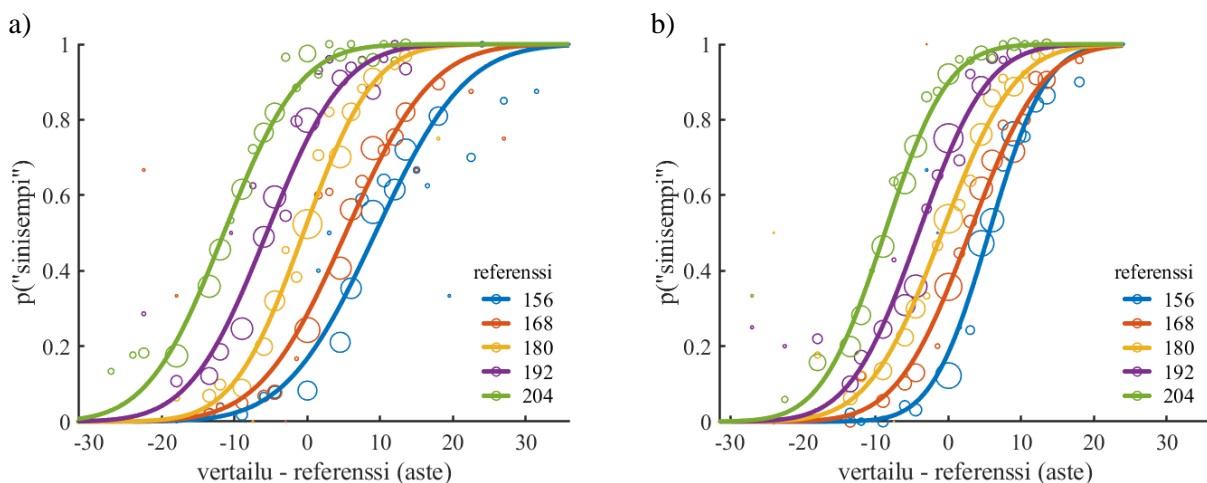
3. Tulokset

3.1. Koe 1: värisävy

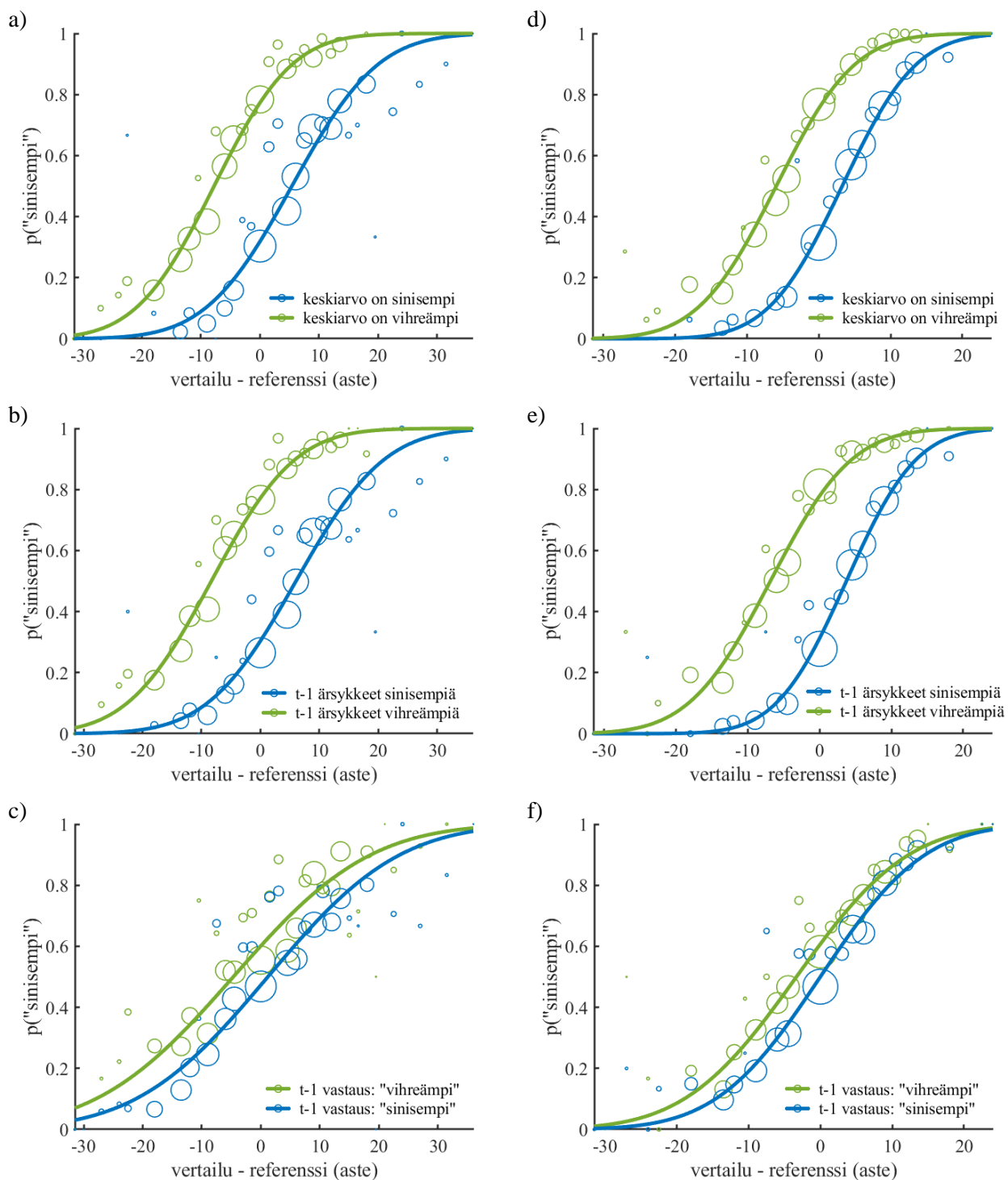
3.1.1. Psykometriset funktiot

Kuvassa 3 on kaikkien koehenkilöiden yli sovitetut psykometriset funktiot molemmille ISI:n pituuksille. Kuvassa on erikseen psykometriset funktiot jokaiselle referenssille, ja x-akselilla on erotus vertailu- ja referenssiärsykkeiden välillä. Jos koehenkilöillä ei ollut keskilukuharhaa tai sarjariippuvuutta, funktioiden tulisi olla päällekkäin. Sovitut funktiot olivat kuitenkin eriytyneet referenssiärsykkeiden mukaan niin, että sinisimmän referenssin vertailuärsykkeen oli oltava vihreämpi, jotta ne havaittiin saman sävyisinä. Vastaavasti keskiarvoa vihreämmät referenssit vaativat vertailuärsykkeiden olevan sinisempiä, jotta ärsykkeiden havaittu sävy oli sama. Myös jokaisen koehenkilön yksittäin sovitettut psykometriset funktiot olivat eriytyneet samalla tavalla. Funktioiden keskihajonta oli keskimäärin suurempi lyhyen ISI:n tilanteessa (7.72) kuin pitkän ISI:n tilanteessa (6.07). Ero oli tilastollisesti merkitsevä ($t(54) = -3.59, p < .001$).

Kun aineistoa jaettiin eri historiaefektien mukaan, niihin sovitettut psykometriset funktiot eriytyivät toisistaan (kuva 4). Sovitettujen funktioiden perusteella vaikutti siltä, että kaikkien ärsykkeiden keskiarvo (kuvat 4a ja 4d) ja edellisen koekerran ärsykkeet (kuvat 4b ja 4e) vetivät referenssiärsykkeen havaintoa puoleensa. Jos koekerran referenssiärsyke oli keskiarvoa vihreämpi, sen vertailuärsykkeen vastattiin herkemmin olevan vihreämpi, ja näin ollen referenssi havaittiin todellista ärsykkeen arvoa sinisempänä. Sovituksista jokaiselle koehenkilölle erikseen saadut PSE:t



Kuva 3. Psykometristen funktioiden sovitukset erikseen jokaiselle referenssille kokeessa 1. Y-akselilla on todennäköisyys vastata, että vertailuärsyke oli sinisempi, ja x-akselilla nykyisen koekerran vertailu- ja referenssiärsykkeiden erotus asteina sävy-ympyrällä. Ympyrät kuvaavat mitattuja pisteitä ja ympyrän koko kuvaa jokaisen pisteen painoarvoa. a) lyhyt ISI b) pitkä ISI



Kuva 4. Psykometristen funktioiden sovitukset, kun aineisto on jaettu ärsyke- ja vastaushistorian mukaan kahtia ja yhdistetty kaikkien koehenkilöiden yli. Y-akselilla on todennäköisyys vastata, että vertailuärsyke oli sinisempi, ja x-akselilla nykyisen koekerran vertailu- ja referenssiärsykeen erotus asteina sävyympyrällä. Ympyrät kuvaavat mitattuja pisteitä ja ympyrän koko kuvaa jokaisen pisteen painoarvoa. Käyrät ovat psykometristen funktioiden sovitukset pisteisiin. a)-c) lyhyt ISI d)-e) pitkä ISI. a) ja d): Aineisto on jaettu sen mukaan, onko kaikkien ärsykkeiden keskiarvo sinisempi vai vihreämpi kuin nykyisen koekerran referenssiärsyke. b) ja e): Aineisto on jaettu sen mukaan, olivatko edellisen koekerran ärsykkeet sinisempiä vai vihreämpiä kuin nykyisen koekerran referenssiärsyke. c) ja f): Aineisto jaettiin sen mukaan, oliko edellinen vastaus ”vihreämpi” vai ”sinisempi”.

erosivat toisistaan molemmilla ISI:n pituuksilla tilastollisesti merkitsevästi sekä ärsykkeiden keskiarvon (lyhyt ISI: $t(10) = 18.12, p < .001$ ja pitkä ISI: $t(10) = 14.95, p < .001$) että edellisen ärsykkeen suhteen (lyhyt ISI: $t(10) = 14.30, p < .001$ ja pitkä ISI: $t(10) = 14.16, p < .001$).

Funktioiden perusteella näytti myös siltä, että edellisellä vastauksella on vaikutusta vastaukseen nykyisessä koekerrassa (kuvat 4c ja 4f). Jos edellinen vastaus oli ”vihreämpi”, psykometrinen funktio siirtyi vihreämpään suuntaan, eli nykyinen vastaus oli todennäköisemmin ”sinisempi”.

PSE:iden ero oli tilastollisesti merkitsevä (lyhyt ISI: $t(10) = -5.17, p < .001$ ja pitkä ISI: $t(10) = -5.23, p < .001$).

3.1.2. Historiaefektien itsenäiset vaikutukset

Ärsykehistorian eri muuttujien itsenäisten vaikutusten selvittämiseksi aineistoon sovitettiin yleistetty lineaarinen sekamalli osiossa 2.6 esitellyllä tavalla. Koehenkilöt olivat malleissa satunnainen ryhmittelyfaktori. Faktorien kulmakertoimet pysyivät samansuuntaisina mallissa kuin ne olivat silloin, kun ne sovitettiin aineistoon yksittäin, joten multikollinearisuus ei aiheuttanut ongelmia mallin tulkinnassa. Faktorien tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukoissa 1 ja 2 eri ISI:n pituuksille. Taulukoista voi nähdä saman ilmiön kuin psykometrisista funktioista: regressioanalyysia varten muodostettujen faktoreiden keskimääräiset arvot olivat erilaiset, kun aineisto jaoteltiin nykyisen koekerran vastauksen mukaan.

Lyhyen ISI:n tilanteessa koehenkilöiden välinen varianssi sovitetussa vakiotermissä oli 0.03.

Kiinteiden faktoreiden regressiokertoimet ja niiden tilastollinen merkitsevyys on merkitty

Taulukko 1. Faktoreiden keskiarvot ja keskihajonnat nykyisen koekerran vastauksen mukaan jaoteltuna lyhyen ISI:n tilanteessa kokeessa 1. Kokonainen taulukko on liitteessä 2.

vastaus	n	<i>t-1-</i> vastaus		keskiarvo		<i>t-1-ärsykkeet</i>		<i>t-2-ärsykkeet</i>		<i>t-3-ärsykkeet</i>		<i>t-4-ärsykkeet</i>	
		ka	kh	ka	kh	ka	kh	ka	kh	ka	kh	ka	kh
0 (vihreämpi)	4010	0.21	-2.70	16.93	-5.40	21.65	-3.37	22.36	-3.07	22.34	-2.65	22.42	
1 (sinisempi)	4725	-0.03	1.59	17.06	4.24	22.09	2.53	22.28	2.34	22.72	2.09	22.92	
ei vastausta	65	-0.02	-0.40	16.52	-0.50	20.30	-2.30	19.41	-3.09	20.80	-5.00	23.64	

Taulukko 2. Faktoreiden keskiarvot ja keskihajonnat nykyisen koekerran vastauksen mukaan jaoteltuna pitkän ISI:n tilanteessa kokeessa 1. Kokonainen taulukko on liitteessä 2.

vastaus	n	<i>t-1-</i> vastaus		keskiarvo		<i>t-1-ärsykkeet</i>		<i>t-2-ärsykkeet</i>		<i>t-3-ärsykkeet</i>		<i>t-4-ärsykkeet</i>	
		ka	kh	ka	kh	ka	kh	ka	kh	ka	kh	ka	kh
0 (vihreämpi)	3986	0.20	-2.01	17.03	-4.32	22.46	-2.35	22.96	-2.13	22.91	-2.01	23.07	
1 (sinisempi)	4785	0.00	1.06	17.11	3.56	22.91	1.86	23.36	1.70	22.71	1.61	23.24	
ei vastausta	29	-0.38	-8.82	15.81	-5.43	22.02	-4.71	23.94	-5.46	20.43	-7.16	20.02	

Taulukko 3. Faktoreiden regressiokertoimet lyhyen ja pitkän ISI:n tilanteissa erikseen kokeessa 1.

faktori	lyhyt ISI		pitkä ISI	
	β	z	β	z
<i>t-1-vastaus</i>	-0.18	-10.19***	-0.15	-8.69***
<i>keskiarvo</i>	0.012	3.51***	0.018	5.20***
<i>t-1-ärsykkeet</i>	0.019	16.40***	0.018	15.50***
<i>t-2-ärsykkeet</i>	0.0083	7.16***	0.0054	4.77***
<i>t-3-ärsykkeet</i>	0.0057	4.95***	0.0040	3.60***
<i>t-4-ärsykkeet</i>	0.0035	3.03**	0.0028	2.51*
<i>t-5-ärsykkeet</i>	0.0050	4.42***	-0.0003	-0.24
<i>t-6-ärsykkeet</i>	0.0033	2.92**	0.0009	0.78
<i>t-7-ärsykkeet</i>	0.0008	0.71	-0.0013	-1.14
<i>t-8-ärsykkeet</i>	0.0001	0.12	0.0010	0.95

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

taulukkoon 3. Esimerkiksi faktorin *t-1-vastaus* regressiokerroin oli negatiivinen, joten edellisen koekerran vastaus oli negatiivisessa yhteydessä nykyisen koekerran vastaukseen, eli koehenkilöillä oli keskimäärin taipumus vaihtaa vastaustaan edellisestä koekerrasta.

Faktori *keskiarvo* oli positiivisessa yhteydessä vastaukseen ”sininen”. Koska *keskiarvo* kuvasi nykyisen koekerran referenssiärsykkeen arvon etäisyyttä kaikkien ärsykkeiden sävyjen keskiarvosta, faktorin positiiviset arvot kuvaavat sitä, että nykyisen koekerran referenssi oli keskiarvoa sinisempi, ja negatiiviset arvot vastaavasti sitä, että referenssi oli keskiarvoa vihreämpi. Positiivinen regressiokerroin faktorille kertoo, että mitä sinisempi referenssi oli kaikkien ärsykkeiden sävyn keskiarvoon nähden, sitä todennäköisemmin koehenkilö vastasi vertailuärsykkeen olevan sinisempi kuin referenssi. Referenssiärsykkeen vastattiin siis olevan sävyiltään enemmän samankaltainen kaikkien ärsykkeiden keskiarvon kanssa kuin se todellisuudessa oli.

Edellisten ärsykkeiden arvoja kuvaavat faktorit kuusi koekertaa taaksepäin olivat myös positiivisessa yhteydessä vastaukseen ”sininen” nykyisessä koekerrassa. Harha oli vahvin edellisen koekerran ärsykkeisiin. Regressiokertoimien arvo heikkeni sitä mukaan, mitä aikaisemmat ärsykkeet olivat kyseessä. Myös edelliset ärsykkeet vetivät siis referenssiärsykkeen havaintoa puoleensa, mutta niiden vetovoima heikkeni ajassa. Seitsemäs ja kahdeksas koekerta taaksepäin eivät aiheuttaneet tilastollisesti merkitsevää harhaa vastauksissa.

Pitkän ISI:n koetilanteen aineistoon sovitettiin samanlainen malli. Koehenkilöiden välinen varianssi vakiotermässä oli 0.09. Tulokset olivat samansuuntaisia kuin lyhyen ISI:n tilanteessa, mutta

koekerroille viisi ja kuusi taaksepäin ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää vaikutusta nykyisen koekerran vastauksiin. Edellisen koekerran vastaus oli negatiivisessa yhteydessä vastaukseen nykyisellä koekerralla, eli koehenkilöillä oli taipumus vaihtaa vastaustaan. Faktorin *keskiarvo* suurempi arvo ennusti suurempaa todennäköisyyttä vastata ”sininen”. Samansuuntaisesti edellisten ärsykkeiden faktorit *t-1-ärsykkeet*, *t-2-ärsykkeet*, *t-3-ärsykkeet* ja *t-4-ärsykkeet* olivat positiivisessa yhteydessä vastaukseen. Koekerrat kauemmas ärsykehistoriaan eivät olleet tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä vastaukseen.

Koehenkilöiden välistä vaihtelua tarkasteltiin sovittamalla yleistetty lineaarinen malli jokaiselle koehenkilölle erikseen ilman ryhmittelevää tekijää. Sekä lyhyen että pitkän ISI:n tilanteessa kaikkien koehenkilöiden tulokset olivat samansuuntaisia kuin yhdistetyn aineiston tulokset. Kaikilla koehenkilöillä oli positiivinen harha edellisen koekerran ärsykeitä kohti molemmilla ISI:n pituuksilla. Lyhyen ISI:n tilanteessa seitsemällä koehenkilöllä yhdestätoista oli taipumus vaihtaa vastaustaan edellisestä koekerrasta, pitkän ISI:n tilanteessa taipumus oli yhdeksällä. Pitkän ISI:n tilanteessa seitsemällä koehenkilöllä oli keskilukuharha, mutta lyhyen ISI:n tilanteessa se oli vain neljällä koehenkilöllä.

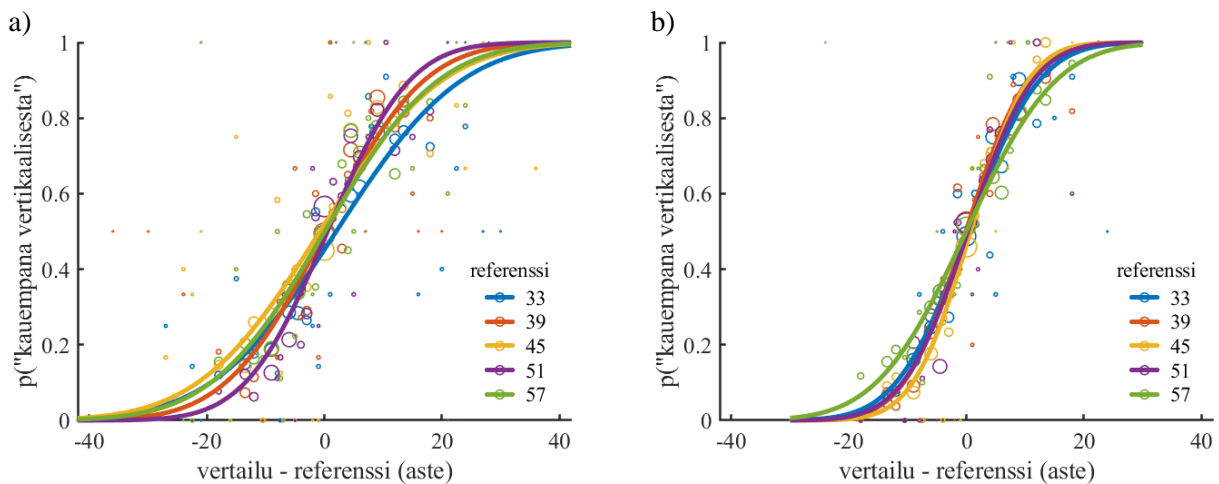
3.1.3. Ärsykkeiden välisen viiveen vaikutus historiaefekteihin

Koehenkilöiden välinen varianssi vakiotermissä oli 0.05. Interaktioista tilastollisesti merkitsevä oli faktorin *t-5-ärsykkeet* kerroin ($\beta = -0.0051$, $p < .01$). Koska ISI:n luokittelumuuttujan arvo 1 vastasi pitkän ISI:n tilannetta ja regressiokerroin oli negatiivinen, pitkän ISI:n tilanteessa ärsykkeet viisi koekertaa taaksepäin vaikuttivat vastaukseen vähemmän. Myös nykyisten ärsykkeiden faktorin interaktiokerroin oli tilastollisesti merkitsevä ($\beta = -0.023$, $p < .001$). Lyhyen ISI:n tilanteessa nykyisen koekerran ärsykkeillä oli vähemmän vaikutusta vastaukseen kuin pitkän ISI:n tilanteessa. Muut interaktiot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

3.2. Koe 2: orientaatio

3.2.1. Psykometriset funktiot

Samoin kuin kokeessa 1, aineistoon sovitettiin psykometriset funktiot sekä yhdistettyyn aineistoon että erikseen jokaiselle koehenkilölle. Yksittäin koehenkilöille sovitettujen psykometristen funktioiden PSE:n keskiarvo oli lyhyen ISI:n tilanteessa 0.77 ja pitkän ISI:n tilanteessa 0.35. Funktioiden keskihajontojen keskiarvo oli vastaavassa järjestyksessä 13.43 ja 7.69, ja niiden välinen



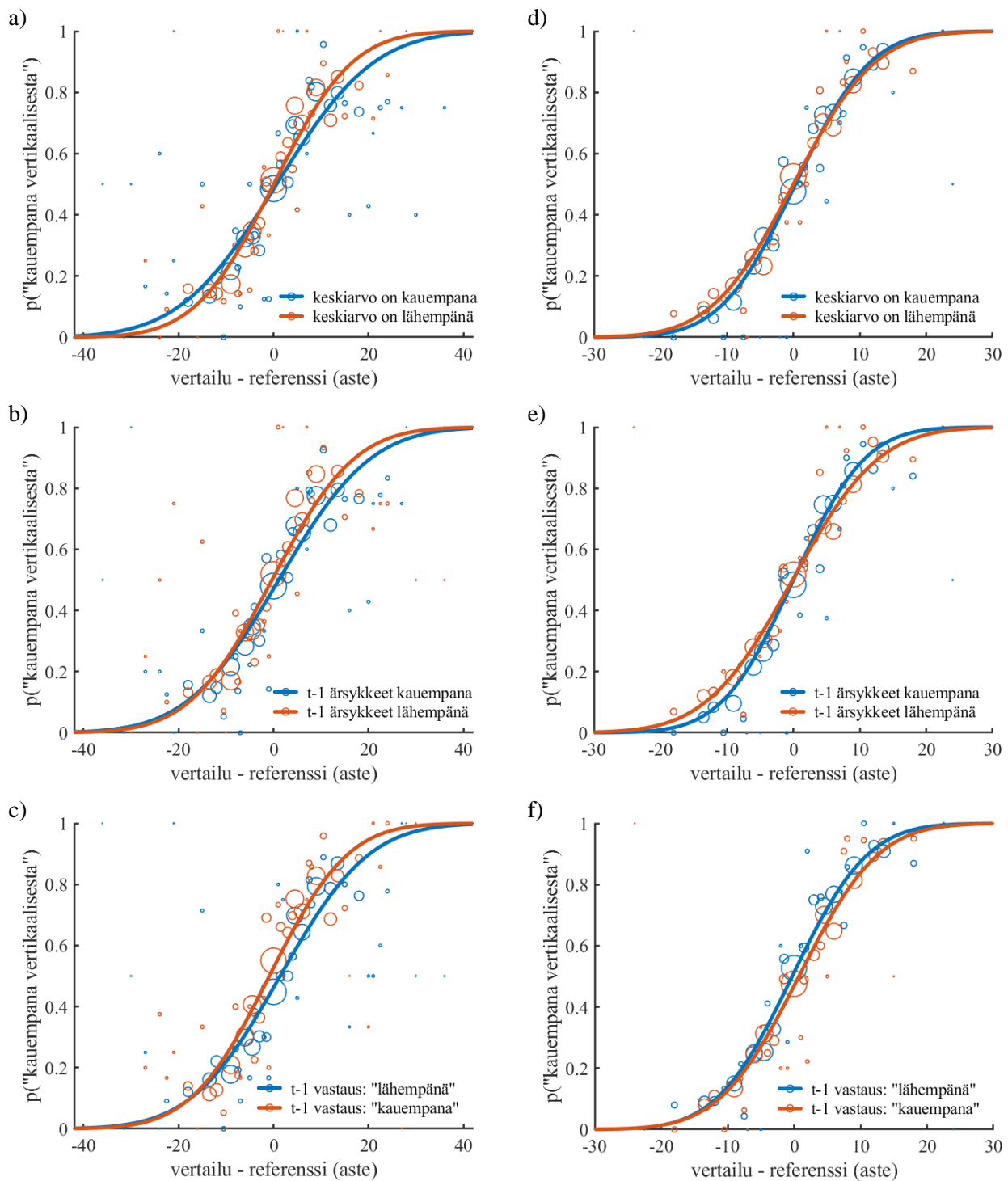
Kuva 5. Psykometristen funktioiden sovitukset erikseen jokaiselle referenssille kokeessa 2. Y-akselilla on todennäköisyys vastata, että vertailuärsyke oli kallistunut kauemmas vertikaalisesta kuin referenssiärsyke, ja x-akselilla nykyisen koekerran vertailu- ja referenssiärsykeen erotus asteina. Ympyrät kuvaavat mitattuja pisteitä ja ympyrän koko kuvaa jokaisen pisteen painoarvoa. a) lyhyt ISI b) pitkä ISI

ero oli tilastollisesti merkitsevä ($t(34) = 4.71, p < .001$). Myös kuvasta 5, jossa funktiot on sovitettu kaikkien koehenkilöiden yli, voidaan nähdä, että lyhyen ISI:n tilanteessa oli huomattavasti enemmän kohinaa kuin pitkän ISI:n tilanteessa. Referenssien välillä ei näyttänyt olevan eroa, eivätkä psykometriset funktiot eriytyneet kuten keskilukuharhan tai sarjariippuvuuden mukaan voisi odottaa.

Psykometriset funktiot eivät eriytyneet toisistaan myöskään silloin, kun aineistoa jaettiin eri historiaefektien mukaan (kuva 6). Funktioiden sovitukset olivat lähes täysin päällekkäiset, kun aineisto jaettiin keskiarvon sijainnin (kuvat 6a ja 6d) tai edellisen koekerran ärsykkeiden sijainnin mukaan (kuvat 6b ja 6e). Ainoastaan silloin, kun aineisto jaoteltiin edellisen vastauksen mukaan, funktiot eriytyivät hieman. Lyhyen ISI:n tilanteessa (kuva 6c) PSE:t erosivat toisistaan niin, että vastauksen ”enemmän vaakasuoraan” todennäköisyys nousi vastauksen ”enemmän vaakasuoraan” jälkeen ($t(6) = 2.91, p = .03$). Pitkän ISI:n tilanteessa (kuva 6f) PSE:iden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($t(6) = -1.51, p = .18$).

3.2.2. Historiaefektien itsenäiset vaikutukset

Lyhyen ISI:n tilanteen aineistoon sovitettiin osiossa 2.6 kuvattu yksinkertainen yleistetty lineaarinen sekamalli. Faktorien tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4. Koehenkilöiden välinen varianssi sovitetussa vakiotermissä oli 0.005. Kiinteiden faktorien regressiokertoimien arvot on kuvattu taulukossa 6. Kiinnostuksen kohteena olevista faktoreista vain kaksi oli tilastollisesti



Kuva 6. Psykometristen funktioiden sovitukset, kun aineisto on jaettu ärsyke- ja vastaushistorian mukaan kahtia. Y-akselilla on todennäköisyys vastata, että vertailuärsyke oli kallistunut kauemmas vertikaalisesta kuin referenssiärsyke, ja x-akselilla nykyisen koekerran vertailu- ja referenssiärsykkeen erotus asteina. Ympyrät kuvaavat mitattuja pisteitä ja ympyrän koko kuvaa jokaisen pisteen painoarvoa. Käyrät ovat psykometristen funktioiden sovitukset pisteisiin. a)-c) lyhyt ISI d)-e) pitkä ISI. a) ja d): Aineisto on jaettu sen mukaan, onko koesarjan ärsykkeiden keskiarvo kauempana vai lähempänä vertikaalista orientaatiota kuin nykyisen koekerran referenssiärsyke. b) ja e): Aineisto on jaettu sen mukaan, olivatko edellisen koekerran ärsykkeet kauempana tai lähempänä vertikaalista orientaatiota kuin nykyisen koekerran ärsykkeet. c) ja f): Aineisto jaettiin sen mukaan, oliko edellinen vastaus "kauempana" vai "lähempänä".

Taulukko 4. Faktoreiden keskiarvot ja keskihajonnat nykyisen koekerran vastauksen mukaan jaoteltuna lyhyen ISI:n tilanteessa kokeessa 2. Kokonainen taulukko on liitteessä 2.

vastaus	<i>n</i>	<i>t-1-</i> <i>vastaus</i>		<i>keskiarvo</i>		<i>t-1-ärsykkeet</i>		<i>t-2-ärsykkeet</i>		<i>t-3-ärsykkeet</i>		<i>t-4-ärsykkeet</i>	
		<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (pystysuora)	2722	-0.04	0.03	8.63	0.25	12.55	0.11	12.74	-0.20	12.93	0.07	12.91	
1 (vaakasuora)	2739	0.05	0.02	8.60	-0.13	12.73	0.10	12.53	0.49	12.67	0.29	12.73	
ei vastausta	139	-0.18	-0.53	8.88	-0.38	11.66	-0.78	12.86	-0.69	12.53	-0.35	12.99	

Taulukko 5. Faktoreiden keskiarvot ja keskihajonnat nykyisen koekerran vastauksen mukaan jaoteltuna pitkän ISI:n tilanteessa kokeessa 2. Kokonainen taulukko on liitteessä 2.

vastaus	<i>n</i>	<i>t-1-</i> <i>vastaus</i>		<i>keskiarvo</i>		<i>t-1-ärsykkeet</i>		<i>t-2-ärsykkeet</i>		<i>t-3-ärsykkeet</i>		<i>t-4-ärsykkeet</i>	
		<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (pystysuora)	2398	0.05	-0.07	8.58	0.10	12.57	-0.31	12.34	-0.32	12.38	-0.07	12.57	
1 (vaakasuora)	2385	-0.05	-0.09	8.64	-0.23	12.53	0.15	12.77	0.07	12.52	-0.21	12.69	
ei vastausta	17	-0.38	-0.74	8.41	2.07	7.25	2.34	12.33	1.51	14.43	0.49	13.49	

merkitseviä: *t-1-vastaus* ja *t-3-ärsykkeet*. Koehenkilöillä oli siis taipumus toistaa edellisen koekerran vastaus, ja ärsykkeet kolme koekertaa taaksepäin vetivät nykyisen koekerran referenssiärsykkeen havaintoa puoleensa. Faktorin *keskiarvo* regressiokerroin ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Myöskään muut edellisten koekertojen ärsykkeiden arvoihin liittyvät faktorit eivät vaikuttaneet vastaukseen tilastollisesti merkitsevästi.

Pitkän ISI:n tilanteessa koehenkilöiden välinen varianssi sovitetussa vakiotermässä oli 0.05.

Faktorien tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 5. Faktori *t-1-vastaus* oli negatiivisessa yhteydessä nykyisen koekerran vastaukseen. Koska kerroin oli negatiivinen, koehenkilöillä oli taipumus vaihtaa vastaustaan edellisestä koekerrasta. Myös edellisen faktorin *t-1-ärsykkeet* arvot olivat negatiivisessa yhteydessä nykyisen koekerran vastaukseen, eli ne aiheuttivat hylkivän harhan.

Taulukko 6. Faktoreiden regressiokertoimet lyhyen ja pitkän ISI:n tilanteissa erikseen kokeessa 2.

faktori	lyhyt ISI		pitkä ISI	
	β	<i>z</i>	β	<i>z</i>
<i>t-1-vastaus</i>	0.065	3.30***	-0.081	-3.76***
<i>keskiarvo</i>	-0.0088	-1.36	0.0035	0.49
<i>t-1-ärsykkeet</i>	-0.0014	-0.67	-0.0060	-2.55*
<i>t-2-ärsykkeet</i>	0.0014	0.66	0.0058	2.48*
<i>t-3-ärsykkeet</i>	0.0067	3.22**	0.0049	2.11*
<i>t-4-ärsykkeet</i>	0.0017	0.83	-0.0003	-0.13
<i>t-5-ärsykkeet</i>	0.0017	0.81	-0.0047	-2.00*
<i>t-6-ärsykkeet</i>	0.0032	1.51	-0.0020	-0.84
<i>t-7-ärsykkeet</i>	-0.0014	-0.66	-0.0006	-0.24
<i>t-8-ärsykkeet</i>	0.0008	0.41	-0.0001	-0.04

*** $p < .001$, ** $p < .01$, * $p < .05$

Ärsykkeiden arvot kaksi koekertaa taaksepäin ja kolme koekertaa taaksepäin olivat sen sijaan positiivisessa yhteydessä vastaukseen nykyisessä koekerrassa. Myös ärsykkeiden arvot viisi koekertaa taaksepäin vaikuttivat vastaukseen tilastollisesti merkitsevästi, mutta vaikutus oli negatiivinen ja kertoimen p-arvo oli hyvin lähellä tilastollisen merkitsevyyden rajaa. Muut edellisten koekertojen ärsykkeiden faktoreiden regressiokertoimet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Jokaisen koehenkilön aineistoon sovitettiin myös yleistetyt lineaariset mallit ilman ryhmittelevää tekijää. Koehenkilöiden välillä oli paljon vaihtelua siinä, mitkä ärsykehistorian muuttujat nousivat esiin vaikuttavina tekijöinä. Lyhyen ISI:n tilanteessa kahdella koehenkilöllä seitsemästä oli taipumus vastata samalla tavalla kuin edellisellä koekerralla, mutta pitkän ISI:n tilanteessa kolme koehenkilöä vaihtoi vastaustaan ja yksi koehenkilö toisti vastaustaan. Kahdella koehenkilöllä löytyi negatiivinen keskilukuharha: toisella lyhyen ISI:n tilanteessa ja toisella pitkän ISI:n tilanteessa. Erityisesti yhden koekerran taaksepäin ärsykkeiden arvojen aiheuttama harha vaihteli koehenkilöiden välillä. Lyhyen ISI:n tilanteessa kahdella koehenkilöllä oli puoleensavetävä harha ja yhdellä hylkivä harha, ja pitkän ISI:n tilanteessa kahdella koehenkilöllä oli puoleensavetävä harha ja kolmella hylkivä.

3.2.3. Ärsykkeiden välisen viiveen vaikutus historiaefekteihin

Koehenkilöiden ryhmittelemän vakiotermin varianssi oli 0.02. Viiveen interaktioista tilastollisesti merkitseviä olivat interaktiot faktoreiden *ärsykkeet* ($\beta = -0.035$, $p < .001$) ja *t-I-vastaus* ($\beta = -0.14$, $p < .001$) kanssa. Faktorin *ärsykkeet* regressiokerroin oli negatiivinen, joten lyhyen ISI:n tilanteessa nykyisen koekerran ärsykkeillä oli pienempi vaikutus vastaukseen kuin pitkän ISI:n tilanteessa. Myös faktorin *t-I-vastaus* kerroin oli negatiivinen, joten edellinen vastaus vaikutti eri tavalla nykyisen koekerran vastaukseen eri ISI:n viiveen tilanteissa. Pitkän ISI:n tilanteessa koehenkilöillä oli vahvemmin taipumus vaihtaa vastaustaan edelliseltä koekerralta.

4. Pohdinta

Tässä tutkielmassa selvitettiin kahdella kokeella, joista ensimmäisessä ärsykkeinä käytettiin värisävyjä ja toisessa Gabor-juovastojen orientaatiota, miten aiemmin esitetyt ärsykkeet ja annetut vastaukset vaikuttavat vastauksiin näköhavaintotehtävässä. Tarkastelun kohteena olivat sarjariippuvuus, keskilukuharha ja sarjallinen vastausvinouma. Koemenettelyssä käytettiin kahden ärsykkeen vertailutehtävää ja vaihtuvaa referenssiä kahdella eri ärsykkeiden välisen viiveen kestolla. Värisävyyn kokeessa havaittiin itsenäiset vaikutukset kaikille historiaefekteille; orientaatiokokeen tulokset olivat odottamattomampia.

Värisävyyn havainnossa sarjariippuvuuden vaikutuksen suunta oli puoleensavetävä. Kuuden edellisen koekerran ärsykkeet vetivät nykyisen koekerran referenssin havaintoa puoleensa silloin, kun viive ärsykkeiden välillä oli lyhyt. Sarjariippuvuuden kesto oli siis noin 12 sekuntia. Pitkän ärsykkeiden välisen viiveen tilanteessa edelliset ärsykkeet taas aiheuttivat harhaa vastauksissa neljä koekertaa eteenpäin, mikä vastaa 16 sekuntia. Tulokset vastaavat hyvin aikaisempaa sarjariippuvuuden tutkimusta. Vaikka myös hylkiviä sarjariippuvuuksia on havaittu, pääasiassa harhan on havaittu olevan puoleensavetävä (Fischer & Whitney, 2014), myös värisävyllä (Barbosa & Compte, 2020). Puoleensavetävän sarjariippuvuuden on todettu kestävän 10–15 sekunnin ajan (Fischer & Whitney, 2014; Fritsche ym., 2017), mikä sopii hyvin tässä kokeessa todettuun 12–16 sekunnin keston. Viimeisimmän koekerran ärsykkeiden vaikutus vastauksiin oli myös suurin ja vaikutus heikkeni ajan mukaan, kuten myös muissa tutkimuksissa on havaittu (Fischer & Whitney, 2014; Liberman ym., 2014). Kauemmin kestävää heikompaa negatiivista sarjariippuvuutta (Fritsche ym., 2020; Gekas ym., 2019) ei löydetty tässä kokeessa. Myöskään ärsykkeiden välisellä viiveellä ei ollut vaikutusta efektin kokoon, vaikka työmuistiviiveen on todettu vahvistavan sarjariippuvuutta (Barbosa & Compte, 2020). Tämä voi kuitenkin johtua aineiston koosta: sarjariippuvuuden efektit ovat pieniä, joten niiden välisten erojen havaitseminen tilastollisesti merkitsevästi on vaikeaa.

Orientaatiokokeen sarjariippuvuuden tulokset olivat vähemmän selkeät kuin värisävykokeessa. Pitkän viiveen tilanteessa edellisen koekerran ärsykkeet aiheuttivat hylkivän harhan. Koekerroille kaksi ja kolme taaksepäin löytyi taas puoleensavetävä sarjariippuvuus, ja viidennelle koekerralle taaksepäin löytyi hyvin heikko hylkivä sarjariippuvuus. Lyhyen viiveen tilanteessa löytyi vain puoleensavetävä sarjariippuvuus kolme kertaa taaksepäin. Tuloksissa oli kuitenkin paljon yksilöiden välisiä eroja, eli efektien suunnat olivat vastakkaiset joillain koehenkilöillä. Myöskään

orientaatiokokeessa ei löytynyt ärsykkeiden välisen viiveen aiheuttamia eroja sarjariippuvuudessa, mutta jälleen voi olla kyse siitä, että erot ovat niin pieniä.

Orientaation havaitsemisen kokeessa havaittu pitkän viiveen tilanteen edellisen koekerran ärsykkeiden hylkivä sarjariippuvuus ja lyhyen viiveen tilanteen puuttuva sarjariippuvuus ovat aikaisemman tutkimuksen vastaisia. Sarjariippuvuudet voivat olla negatiivisia dynaamisille ärsykeille, kuten kasvojen ilmeille (Taubert, Alais & Burr, 2016) ja optisen virtauksen suunnan havaitsemiselle (Sun, Zhang, Alais & Li, 2020). Tästä ei kuitenkaan pitäisi olla kyse tässä, koska orientaation havaitsemisessa sarjariippuvuudet näyttävät pääasiassa olevan puoleensavetäviä (Cicchini ym., 2017; Fischer & Whitney, 2014; Fritsche ym., 2017). Poikkeavia tuloksia voi selittää kolme asiaa: aineiston kohinaisuus, efektien epälineaarisuus ja muiden tutkimusten käyttämät kohinamaskit. Ensinnäkin aineisto orientaatiokokeessa oli hyvin kohinaista verrattuna värisävyn kokeeseen. Portaikkojen helpottamisesta huolimatta tehtävä oli erittäin vaikea osalle koehenkilöistä erityisesti lyhyen viiveen nopeatahtisessa tilanteessa. Saattaa olla, että sarjariippuvuuden heikot efektit jäävät piiloon kohinan alle. Toiseksi sarjariippuvuudessa edellisen ärsykkeen arvon ja nykyisen ärsykkeen vastauksen suhde on likimain lineaarinen vain kapealla skaalalla ja muuten suhde on normaalijakauman derivaattafunktion kaltainen (Barbosa & Compte, 2020; Czoschke ym., 2019; Fischer & Whitney, 2014; Fritsche ym., 2017; Liberman ym., 2014). Tässä tutkimuksessa käytetty lineaarinen sekamalli olettaa kuitenkin lineaarisen yhteyden muuttujien välillä. On mahdollista, että koska tehtävä oli koehenkilöille vaikea ja portaikot eivät konvergoituneet, ärsykejakauma oli liian leveä sille, että yhteyttä olisi voinut mallintaa lineaarisella mallilla. Kolmanneksi muissa orientaation sarjariippuvuuden tutkimuksissa ärsykkeiden jälkeen on esitetty kohinamaski (ks. Cicchini ym., 2017; Fischer & Whitney, 2014; Fritsche ym., 2017), mutta tässä kokeessa sitä ei käytetty. Kohinamaskin pois jättäminen poistaa sarjariippuvuuden vaikutusta (Manassi, Liberman, Kosovicheva, Zhang & Whitney, 2018), mutta kohinamaskilla voi mahdollisesti olla muita odottamattomia vaikutuksia havaintoon, joten niitä ei otettu tähän kokeeseen tulosten tulkinnan yksinkertaistamisen vuoksi.

Sarjariippuvuudesta riippumattomana värisävyn kokeessa havaittiin myös keskilukuharha, eli referenssiärsykkeen havainto vääristyi kohti kaikkien ärsykkeiden keskiarvoa. Aikaisemman tutkimuksen (Olkkonen ym., 2014) vastaisesti muistiviiveen kestolla ei kuitenkaan ollut havaittavaa vaikutusta keskilukuharhan voimakkuuteen. Orientaation havaitsemisen kokeessa keskilukuharhaa ei havaittu. Vaikka sekä värisävy että juovaston orientaatio ovat kehämäisiä muuttujia, juovastojen havaitsemisessa kehämäisyys saattaa vaikuttaa siten, että keskilukuharhaa ei synny. Tässä

tutkimuksessa käytetty ärsykejakauma saattoi olla liian leveä siihen, että keskilukuharha olisi syntynyt. Värisävylläkin keskilukuharha havaitaan vain, kun käytetään ärsykkeinä tarpeeksi kapeaa jaksoa väriympyrältä (Olkkonen ym., 2014).

Värisävyn havaitsemisessa sekä sarjariippuvuus että keskilukuharha selittivät itsenäisesti vaihtelua ärsykkeiden havaitsemisessa. Kumpikaan yksin ei siis selitä koko ilmiötä, vaan molemmat ilmiöt esiintyvät toisistaan erillisinä. Sarjariippuvuus saattaa kuitenkin selittää, miten keskilukuharha muodostuu. Bayesilaisessa viitekehyksessä keskilukuharha syntyy siitä, kun aistijärjestelmä arvioi ärsykkeen arvoa yhdistämällä kohinaisen aisti-informaation priori-jakaumaan, joka arvioidaan edellisten ärsykkeiden pohjalta (Ashourian & Loewenstein, 2011). Se, miten tämä priori-jakauma muodostetaan, on kuitenkin epäselvää. Ärsykejakauman tunteminen vaatii satoja ärsykeitä, mutta keskilukuharha esiintyy jo varhain kokeissa (Ashourian & Loewenstein, 2011). On mahdollista, että täydellisen bayesilaisen päättelyn sijaan aistijärjestelmä arvioi priori-jakaumaa heuristisesti viimeisimmistä ärsykkeistä (Raviv ym., 2012). Näin ollen keskiluku, jota kohti havainnot vääristyvät, on viimeaikaaisuudella painotettu keskiarvo ärsykehistoriasta. Tämän hypoteesin mukaan keskilukuharha ja sarjariippuvuus olisivat siis saman harhan eri puolia. Keskilukuharha ei kuitenkaan näytä esiintyvän kaikilla ärsykkeillä, joiden välillä kuitenkin on sarjariippuvuutta. Sitä ei havaittu tässä orientaation havaitsemisen kokeessa, vaan sarjariippuvuus kykeni selittämään ärsykehistoriasta johtuvan vaihtelun. Keskilukuharhaa ei ole löydetty myöskään aikaisemmin orientaation havaitsemisessa (Xiang ym., 2021). Keskilukuharha orientaation havaitsemisessa vaatisi enemmän tutkimusta, erityisesti varioiden ärsykkeiden vaihteluväliä.

Näiden ärsykehistoriaan liittyvien efektien lisäksi kaikissa koetilanteissa havaittiin sarjallisia vastausvinoumia. Värikokeessa koehenkilöillä oli taipumus vaihtaa vastaustaan koekerrasta toiseen. Orientaatiokokeessa pitkän viiveen tilanteessa koehenkilöillä oli taipumus vaihtaa vastaustaan, mutta lyhyen viiveen tilanteessa taipumus oli toistaa edellistä vastausta. Osalla koehenkilöistä taipumukset olivat kuitenkin vastakkaisia ja osalla ei ollut vastausvinoumaa ollenkaan. Samanlaisia yksilöiden välisiä eroja vastausvinoumissa on havaittu myös aiemmin (Abrahamyan ym., 2016; Fründ ym., 2014; Zhang & Alais, 2020).

Aikaisemmassa tutkimuksessa pääasiallinen taipumus vaikuttaisi olevan toistaa vastausta koekertojen välillä (Akaishi ym., 2014; Braun ym., 2018; Fründ ym., 2014; Zhang & Alais, 2020). Värisävyn kokeessa lähes kaikilla koehenkilöillä oli kuitenkin vastausta vaihtava taipumus, eikä yhdelläkään koehenkilöllä ollut taipumusta toistaa vastausta. Motorisilla vastauksilla on heikko

vaihtava sarjallinen vastausvinouma (Braun ym., 2018; Zhang & Alais, 2020). Tässä kokeessa ei kuitenkaan voitu erotella motorisen vastauksen ja päätöksen aiheuttamia vaikutuksia. Eroa vastausvinoumissa aikaisempiin tutkimuksiin voisi selittää kolme tekijää. Ensinnäkin tämä koe eroaa aikaisemmista siinä, että kokeessa oli useita referenssiärsykeitä ja tehtävä oli vertaileva. On mahdollista, että toistava vastausvinouma esiintyy kokeissa, joissa luokitellaan ärsykeitä kahteen luokkaan, ja vaihtava vastausvinouma ilmenee vertailevissa tehtävissä, joissa referenssiärsyke vaihtuu satunnaisesti koekertojen välillä. Vaihtava strategia voi vaikuttaa optimaalisemmalta tällaisessa koeasetelmassa, koska myös ärsykeissä on enemmän vaihtelua. Kummassakin tehtävässä sarjallinen vastausvinouma on kuitenkin yhtä haitallinen suorituksen kannalta, koska ärsykkeet ovat satunnaisia, eivätkä edelliset ärsykkeet ennusta tulevia. Toiseksi tämä koe erosi aikaisemmista ajoitukseltaan. Aiemmissa kokeissa koehenkilö on voinut harkita vastaustaan, mutta tässä kokeessa koehenkilöiden täytyi vastata nopeasti, koska koeohjelma ei jäänyt odottamaan vastausta. Vastausvinouma saattaa olla luonteeltaan erilainen aikapaineessa. Kolmanneksi kokeen tilastollisten tekijöiden on todettu vaikuttavan sarjallisen vastausvinouman suuntaan siten, että jos koekertojen esitysjärjestys ei ole täysin satunnainen, vastausvinouma optimoituu kokeen todennäköisyyksiin (Braun ym., 2018). Tässä kokeessa käytettiin portaikkomenetelmää, joten vastaukset ja peräkkäisten koekertojen ärsykkeiden arvot eivät olleet täysin toisistaan riippumattomia. Tämän riippuvuuden olisi kuitenkin pitänyt aiheuttaa taipumusta toistaa vastausta, koska ”oikean” vastauksen suunnalla oli hieman suurempi todennäköisyys toistua kuin vaihtua koekertojen välillä. Tämä siis tuskin selittää tuloksia.

Lisäksi tämän tutkielman tulokset tuovat esiin uusia puolia sarjariippuvuuden lähteestä. Sarjariippuvuuden syntyvaiheesta tiedonkäsittelyprosesseissa on vastakkaisia teorioita. Sen on ehdotettu syntyvän jo havainnon tasolla (Fornaciai & Park, 2018a; Fornaciai & Park, 2018b; John-Saaltink, Kok, Lau & de Lange, 2016) sekä ylemmän tiedonkäsittelyprosessien, kuten päätöksen, seurauksena (Ceylan ym., 2021; Cicchini, Benedetto & Burr, 2021; Pascucci, Mancuso, Santandrea, Della Libera, Plomp & Chelazzi, 2019). Se, että sarjariippuvuus vahvistuu muistiviiveen aikana (Barbosa & Compte, 2020; Bliss ym., 2017; Fritsche ym., 2017) ja vaatii tarkkaavaisuutta (Fischer & Whitney, 2014; Fritsche & de Lange, 2019; Togoli ym., 2021), tukee kuitenkin sarjariippuvuuden syntymistä ylemmän visuaalisen käsittelyn vaiheissa. Sarjariippuvuus on myös ainakin osittain riippuvainen tehtävästä. Se voi esiintyä erityyppisten ärsykkeiden välillä, jos tehtävä on sama, kun taas varhainen näköjärjestelmä on selektiivinen ärsykkeen piirteille (Ceylan ym., 2021). Sarjariippuvuus on havaittu Gabor-juovastojen välillä, joiden paikkataajuudet eroavat toisistaan (Ceylan ym., 2021; Cicchini ym., 2018), ja Gabor-juovastojen ja orientaation sisältävien

pistemuodostelmien välillä (Ceylan ym., 2021). Lisäksi kasvojen viehättävyyden sarjariippuvuus edelliseen ärsykkeeseen katoaa samanlaisten kasvoärsykkeiden väliltä, jos tehtävä vaihtuu joka toisessa koekerrassa (esim. vastataan kasvojen sukupuoli tai viehättävyys) (Van der Burg ym., 2019). Ylemmältä tiedonkäsittelytasolta lähtöisin oleva harha ei silti sulje pois sitä, että sarjariippuvuus vaikuttaisi ärsykkeen havaintoon ylemmiltä näköjärjestelmän alueilta (Cicchini ym., 2021; Fornaciai & Park, 2018a). Sarjariippuvuuden vaikutusta itse havaintoon tukee se, että sarjariippuvuus näkyy toiminnallisella magneettikuvauksella mitatussa aktivaatiossa primaarilla näköaivokuorella (John-Saaltink ym., 2016).

Viime vuosina on ehdotettu, että puoleensavetävä sarjariippuvuus johtuisi yksinomaan vastauksen muodostamisesta (Ceylan ym., 2021; Fritsche ym., 2017; Fritsche & de Lange, 2019; Pascucci ym., 2019; van Bergen & Jehee, 2019; Van der Burg ym., 2019), ja itse edelliset ärsykkeet aiheuttaisivat hylkivän harhan (Bosch ym., 2020; Fritsche ym., 2017; Pascucci ym., 2019), joka muistuttaa sensorista adaptaatiota. Vastaukset eivät voi kuitenkaan selittää tässä tutkielmassa havaittuja värisävyn sarjariippuvuusefektejä, koska tehtävä ei ollut vertailla ärsykeitä koekertojen välillä, eivätkä vastaukset kertoneet mitään edellisen koekerran ärsykkeiden suhteesta nykyisiin ärsykkeisiin. Myös muissa tutkimuksissa on havaittu, että ärsykkeet, joihin ei ole annettu vastausta, aiheuttavat puoleensavetävän sarjariippuvuuden (Czoschke ym., 2019; Fischer & Whitney, 2014; Fornaciai & Park, 2018a; Liberman ym., 2014; Rafiei ym., 2021; Togoli ym., 2021). Pascucci ja kollegat (2019) ovat kritisoineet säätömenetelmää käyttäviä kokeita siitä, että koehenkilöt saattavat ohjeistuksesta huolimatta yhä mielessään tehdä arvion ärsykkeestä, mutta tästä ei voi olla kyse tämän tutkimuksen kokeissa eikä Rafiein ja kollegoiden (2021) ja Togolin ja kollegoiden (2021) käyttämissä koemenettelyissä. Lisäksi sarjariippuvuuden voimakkuus riippuu peräkkäisten ärsykkeiden sijainnista verkkokalvolla, minkä ei pitäisi vaikuttaa efektiin, jos kyse olisi vain vastauksen muodostamisen aiheuttamasta harhasta (Corbett ym., 2011; Fischer & Whitney, 2014). Vastauksen muodostus tehtävässä ei siis näytä olevan yksin se tekijä, joka voi aiheuttaa puoleensavetävän sarjariippuvuuden. On mahdollista, että puoleensavetävä sarjariippuvuus koostuu useammasta toisistaan erillisestä komponentista, joiden vaikutus syntyy myös eri tiedonkäsittelyn tasoilla (Cicchini ym., 2017; Manassi ym., 2018).

Tässä tutkimuksessa on rajoitteita, jotka vaikeuttavat tulosten tulkintaa. Ensinnäkin orientaation erottelun koe oli liian vaikea osalle koehenkilöistä, joten tulosten tulkinnassa orientaatiokokeen suhteen on oltava varovainen. Toiseksi regressioanalyysin muuttujat olivat korreloituneita keskenään, mikä on yleistetyn lineaarisen sekamallin oletusten vastaista. Tämä multikollineaarisuus

otettiin kuitenkin analyysissä huomioon, ja koska tutkimuskysymys oli erityisesti löytää eri historiaefektien itsenäinen vaikutus, korrelaatiot eivät olleet ongelma. Referenssi- ja vertailuärsykkeiden välinen erittäin korkea korrelaatio kuitenkin esti sen, että eri ärsykkeiden roolien aiheuttamia efektejä sarjariippuvuudessa olisi voinut tarkastella tarkemmin. Ainakin säättötehtävää käytettäessä ärsykkeen aiheuttama sarjariippuvuus riippuu ärsykkeen roolista koekerralla (Czoschke ym., 2019). Myöhemmissä tutkimuksissa, kun keskilukuharhan aiheuttama subjektiivisen samankaltaisuuden pisteen siirtymä on paremmin tunnettu, olisi hyvä erottaa vertailu- ja referenssiärsyke toisistaan. Tämä ei ole mahdollista portaikkomenetelmää käytettäessä, vaan vertailuärsykkeet tulisi poimia kokeen koko ärsykejakaumasta. Näin saataisiin myös tarkempi arvio sarjariippuvuuden kestosta ajassa.

Havaintopsykologian tutkimuksessa on jo kauan tunnettu useita ärsyke- ja vastaushistorian aiheuttamia harhoja nykyisen ärsykkeen havainnossa ja tehtäväsuorituksessa. Tässä tutkielmassa käsiteltiin kolmea historiaefektiä ja tarkasteltiin näiden itsenäisiä vaikutuksia näköhavaintoon. Kaikille historiaefekteille havaittiin itsenäiset vaikutukset koehenkilöiden vastauksiin, mutta efekteissä oli eroja ärsyketypistä riippuen. Tulokset valottavat eri historiaefektien suhdetta toisiinsa. Jatkossa historiaefektien tutkimuksessa olisi hyödyllistä erotella sarjariippuvuuden, keskilukuharhan ja sarjallisen vastausvinouman vaikutukset, ja kiinnittää enemmän huomioita näiden eriyttämiseen toisistaan koeasetelmaa suunniteltaessa.

Lähteet

- Abrahamyan, A., Silva, L. L., Dakin, S. C., Carandini, M. & Gardner, J. L. (2016). Adaptable history biases in human perceptual decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(25), E3548–E3557.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1518786113>
- Akaishi, R., Umeda, K., Nagase, A. & Sakai, K. (2014). Autonomous mechanism of internal choice estimate underlies decision inertia. *Neuron*, 81(1), 195–206.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.10.018>
- Allred, S., Crawford, L., Duffy, S. & Smith, J. (2016). Working memory and spatial judgments: Cognitive load increases the central tendency bias. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(6), 1825–1831. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1039-0>
- Ashourian, P. & Loewenstein, Y. (2011). Bayesian inference underlies the contraction bias in delayed comparison tasks. *PloS One*, 6(5):e19551, 1–8.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019551>
- Barbosa, J. & Compte, A. (2020). Build-up of serial dependence in color working memory. *Scientific Reports*, 10:10959, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67861-2>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 61(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bliss, D. P., Sun, J. J. & D’Esposito, M. (2017). Serial dependence is absent at the time of perception but increases in visual working memory. *Scientific Reports*, 7:14739, 1–13.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-15199-7>

- Bosch, E., Fritsche, M., Ehinger, B. & de Lange, F. P. (2020). Opposite effects of choice history and evidence history resolve a paradox of sequential choice bias. *Journal of Vision*, 20(12):9, 1–13. <https://doi.org/10.1167/jov.20.12.9>
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433–436. <https://doi.org/10.1163/156856897X00357>
- Braun, A., Urai, A. E. & Donner, T. H. (2018). Adaptive history biases result from confidence-weighted accumulation of past choices. *The Journal of Neuroscience*, 38(10), 2418–2429. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2189-17.2017>
- Ceylan, G., Herzog, M. H. & Pascucci, D. (2021). Serial dependence does not originate from low-level visual processing. *Cognition*, 212:104709, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104709>
- Chopin, A. & Mamassian, P. (2012). Predictive properties of visual adaptation. *Current Biology*, 22(7), 622–626. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.02.021>
- Cicchini, G. M., Benedetto, A. & Burr, D. C. (2021). Perceptual history propagates down to early levels of sensory analysis. *Current Biology*, 31(6), 1245–1250. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.12.004>
- Cicchini, G. M., Mikellidou, K. & Burr, D. (2017). Serial dependencies act directly on perception. *Journal of Vision*, 17(14):6, 1–9. <https://doi.org/10.1167/17.14.6>
- Cicchini, G. M., Mikellidou, K. & Burr, D. C. (2018). The functional role of serial dependence. *Proceedings of the Royal Society B*, 285:20181722, 1–8. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1722>

- Corbett, J. E., Fischer, J. & Whitney, D. (2011). Facilitating stable representations: Serial dependence in vision. *PLoS One*, 6(1):e16701, 1–7.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016701>
- Czoschke, S., Fischer, C., Beitner, J., Kaiser, J. & Bledowski, C. (2019). Two types of serial dependence in visual working memory. *The British Journal of Psychology*, 110(2), 256–267.
<https://doi.org/10.1111/bjop.12349>
- Duffy, S., Huttenlocher, J., Hedges, L. V. & Crawford, L. E. (2010). Category effects on stimulus estimation: Shifting and skewed frequency distributions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(2), 224–230. <https://doi.org/10.3758/PBR.17.2.224>
- Fernberger, S. W. (1920). Interdependence of judgments within the series for the method of constant stimuli. *Journal of Experimental Psychology*, 3(2), 126–150.
<https://doi.org/10.1037/h0065212>
- Fischer, J. & Whitney, D. (2014). Serial dependence in visual perception. *Nature Neuroscience*, 17(5), 738–743. <https://doi.org/10.1038/nn.3689>
- Fornaciai, M. & Park, J. (2018a). Attractive serial dependence in the absence of an explicit task. *Psychological Science*, 29(3), 437–446. <https://doi.org/10.1177/0956797617737385>
- Fornaciai, M. & Park, J. (2018b). Serial dependence in numerosity perception. *Journal of Vision*, 18(9):15, 1–12. <https://doi.org/10.1167/18.9.15>
- Fritsche, M. & de Lange, F. P. (2019). The role of feature-based attention in visual serial dependence. *Journal of Vision*, 19(13):21, 1–13. <https://doi.org/10.1167/19.13.21>

- Fritsche, M., Mostert, P. & de Lange, F. P. (2017). Opposite effects of recent history on perception and decision. *Current Biology*, 27(4), 590–595. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.006>
- Fritsche, M., Spaak, E. & de Lange, F. P. (2020). A Bayesian and efficient observer model explains concurrent attractive and repulsive history biases in visual perception. *eLife*, 9:e55389, 1–32. <https://doi.org/10.7554/eLife.55389>
- Fründ, I., Wichmann, F. A. & Macke, J. H. (2014). Quantifying the effect of intertrial dependence on perceptual decisions. *Journal of Vision*, 14(7):9, 1–16. <https://doi.org/10.1167/14.7.9>
- Gekas, N., McDermott, K. C. & Mamassian, P. (2019). Disambiguating serial effects of multiple timescales. *Journal of Vision*, 19(6):24, 1–14. <https://doi.org/10.1167/19.6.24>
- Girshick, A. R., Landy, M. S. & Simoncelli, E. P. (2011). Cardinal rules: Visual orientation perception reflects knowledge of environmental statistics. *Nature Neuroscience*, 14(7), 926–932. <https://doi.org/10.1038/nn.2831>
- Holland, M. K. & Lockhead, G. R. (1968). Sequential effects in absolute judgments of loudness. *Perception & Psychophysics*, 3(6), 409–414. <https://doi.org/10.3758/BF03205747>
- Hollingworth, H. L. (1910). The central tendency of judgment. *The Journal of Philosophy, Psychology and Scientific Methods*, 7(17), 461–469. <https://doi.org/10.2307/2012819>
- Huttenlocher, J., Hedges, L. V. & Vevea, J. L. (2000). Why do categories affect stimulus judgment? *Journal of Experimental Psychology: General*, 129(2), 220–241. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.129.2.220>
- Ishihara, S. (1973). *Test for colour-blindness, 24 plates edition*. Kanehara Shuppan Co. Ltd.

- Jazayeri, M. & Shadlen, M. N. (2010). Temporal context calibrates interval timing. *Nature Neuroscience*, 13(8), 1020–1026. <https://doi.org/10.1038/nn.2590>
- John-Saaltink, E. S., Kok, P., Lau, H. C. & de Lange, F. P. (2016). Serial dependence in perceptual decisions is reflected in activity patterns in primary visual cortex. *The Journal of Neuroscience*, 36(23), 6186–6192. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4390-15.2016>
- Kalm, K. & Norris, D. (2018). Visual recency bias is explained by a mixture model of internal representations. *Journal of Vision*, 18(7):1, 1–15. <https://doi.org/10.1167/18.7.1>
- Kim, S., Burr, D., Cicchini, G. M. & Alais, D. (2020). Serial dependence in perception requires conscious awareness. *Current Biology*, 30(6), R257–R258. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.02.008>
- Kleiner, M., Brainard, D. & Pelli, D. (2007). What's new in psychtoolbox-3? *Perception*, 36 (ECVP 2007 Abstract Supplement), 1–89.
- Liberman, A., Fischer, J. & Whitney, D. (2014). Serial dependence in the perception of faces. *Current Biology*, 24(21), 2569–2574. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.09.025>
- Manassi, M., Liberman, A., Kosovicheva, A., Zhang, K. & Whitney, D. (2018). Serial dependence in position occurs at the time of perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(6), 2245–2253. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1454-5>
- Olkkonen, M., McCarthy, P. F. & Allred, S. R. (2014). The central tendency bias in color perception: Effects of internal and external noise. *Journal of Vision*, 14(11):5, 1–15. <https://doi.org/10.1167/14.11.5>

- Olkkonen, M., Saarela, T. P. & Allred, S. R. (2016). Perception-memory interactions reveal a computational strategy for perceptual constancy. *Journal of Vision*, 16(3):38, 1–21.
<https://doi.org/10.1167/16.3.38>
- Pascucci, D., Mancuso, G., Santandrea, E., Della Libera, C., Plomp, G. & Chelazzi, L. (2019). Laws of concatenated perception: Vision goes for novelty, decisions for perseverance. *PLoS Biology*, 17(3):e3000144, 1–42. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000144>
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), 437–442. <https://doi.org/10.1163/156856897X00366>
- Rafiei, M., Hansmann-Roth, S., Whitney, D., Kristjánsson, Á & Chetverikov, A. (2021). Optimizing perception: Attended and ignored stimuli create opposing perceptual biases. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 83(3), 1230–1239. <https://doi.org/10.3758/s13414-020-02030-1>
- Raviv, O., Ahissar, M. & Loewenstein, Y. (2012). How recent history affects perception: The normative approach and its heuristic approximation. *PLOS Computational Biology*, 8(10):e1002731, 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002731>
- Sun, Q., Zhang, H., Alais, D. & Li, L. (2020). Serial dependence and center bias in heading perception from optic flow. *Journal of Vision*, 20(10):1, 1–15.
<https://doi.org/10.1167/jov.20.10.1>
- Taubert, J., Alais, D. & Burr, D. (2016). Different coding strategies for the perception of stable and changeable facial attributes. *Scientific Reports*, 6:32239, 1–7.
<https://doi.org/10.1038/srep32239>

- Togoli, I., Fedele, M., Fornaciai, M. & Buetti, D. (2021). Serial dependence in time and numerosity perception is dimension-specific. *Journal of Vision*, 21(5):6, 1–15.
<https://doi.org/10.1167/jov.21.5.6>
- Urban, F. M. (1910). The method of constant stimuli and its generalizations. *Psychological Review*, 17(4), 229–259. <https://doi.org/10.1037/h0074515>
- van Bergen, R. S. & Jehee, J. F. (2019). Probabilistic representation in human visual cortex reflects uncertainty in serial decisions. *The Journal of Neuroscience*, 39(41), 8164–8176.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3212-18.2019>
- Van der Burg, E., Rhodes, G. & Alais, D. (2019). Positive sequential dependency for face attractiveness perception. *Journal of Vision*, 19(12):6, 1–16. <https://doi.org/10.1167/19.12.6>
- Ward, L. M. (1973). Repeated magnitude estimations with a variable standard: Sequential effects and other properties. *Perception & Psychophysics*, 13(2), 193–200.
<https://doi.org/10.3758/BF03214126>
- Wetherill, G. B. & Levitt, H. (1965). Sequential estimation of points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 18(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1965.tb00689.x>
- Wyszecki, G. & Stiles, W. S. (1982). *Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulae*. John Wiley & Sons.
- Xia, Y., Leib, A. Y. & Whitney, D. (2016). Serial dependence in the perception of attractiveness. *Journal of Vision*, 16(15):28, 1–8. <https://doi.org/10.1167/16.15.28>

Xiang, Y., Graeber, T., Enke, B. & Gershman, S. J. (2021). Confidence and central tendency in perceptual judgment. *Attention, Perception, & Psychophysics*. Ennakkojulkaisu lehden verkkosivulla. <https://doi.org/10.3758/s13414-021-02300-6>

Zhang, H. & Alais, D. (2020). Individual difference in serial dependence results from opposite influences of perceptual choices and motor responses. *Journal of Vision*, 20(8):2, 1–14. <https://doi.org/10.1167/jov.20.8.2>

Liitteet

Liite 1: Faktoreiden korrelaatiomatriisit

Koe 1 (sävy), lyhyt ISI

	ärsyk.	t-1- vastaus	keskia.	t-1- ärsyk.	t-2- ärsyk.	t-3- ärsyk.	t-4- ärsyk.	t-5- ärsyk.	t-6- ärsyk.	t-7- ärsyk.	t-8- ärsyk.	vastaus
ärsyk.	1.00	0.02	0.54	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42	0.41	0.42	0.41	-0.37
t-1-vastaus	0.02	1.00	0.01	-0.17	0.13	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	-0.12
keskiarvo	0.54	0.01	1.00	0.75	0.75	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.13
t-1-ärsyk.	0.41	-0.17	0.75	1.00	0.57	0.56	0.56	0.55	0.56	0.56	0.56	0.22
t-2-ärsyk.	0.41	0.13	0.75	0.57	1.00	0.57	0.57	0.56	0.55	0.56	0.56	0.13
t-3-ärsyk.	0.42	0.04	0.76	0.56	0.57	1.00	0.58	0.57	0.56	0.56	0.56	0.12
t-4-ärsyk.	0.42	0.03	0.76	0.56	0.57	0.58	1.00	0.58	0.57	0.56	0.56	0.11
t-5-ärsyk.	0.42	0.02	0.76	0.55	0.56	0.57	0.58	1.00	0.57	0.57	0.56	0.12
t-6-ärsyk.	0.41	0.03	0.75	0.56	0.55	0.56	0.57	0.57	1.00	0.57	0.56	0.11
t-7-ärsyk.	0.42	0.02	0.75	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.57	1.00	0.56	0.10
t-8-ärsyk.	0.41	0.01	0.75	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	1.00	0.09
vastaus	-0.37	-0.12	0.13	0.22	0.13	0.12	0.11	0.12	0.11	0.10	0.09	1.00

Koe 1 (sävy), pitkä ISI

	ärsyk.	t-1- vastaus	keskia.	t-1- ärsyk.	t-2- ärsyk.	t-3- ärsyk.	t-4- ärsyk.	t-5- ärsyk.	t-6- ärsyk.	t-7- ärsyk.	t-8- ärsyk.	vastaus
ärsyk.	1.00	0.02	0.45	0.34	0.33	0.33	0.34	0.34	0.35	0.34	0.33	-0.46
t-1-vastaus	0.02	1.00	-0.01	-0.15	0.10	0.02	0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.10
keskiarvo	0.45	-0.01	1.00	0.74	0.75	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.09
t-1-ärsyk.	0.34	-0.15	0.74	1.00	0.55	0.53	0.55	0.54	0.54	0.54	0.54	0.17
t-2-ärsyk.	0.33	0.10	0.75	0.55	1.00	0.54	0.54	0.56	0.55	0.54	0.54	0.09
t-3-ärsyk.	0.33	0.02	0.73	0.53	0.54	1.00	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53	0.08
t-4-ärsyk.	0.34	0.01	0.74	0.55	0.54	0.54	1.00	0.55	0.54	0.55	0.54	0.08
t-5-ärsyk.	0.34	0.01	0.74	0.54	0.56	0.53	0.55	1.00	0.55	0.53	0.55	0.06
t-6-ärsyk.	0.35	-0.01	0.74	0.54	0.55	0.55	0.54	0.55	1.00	0.55	0.53	0.06
t-7-ärsyk.	0.34	0.00	0.74	0.54	0.54	0.54	0.55	0.53	0.55	1.00	0.54	0.06
t-8-ärsyk.	0.33	-0.01	0.73	0.54	0.54	0.53	0.54	0.55	0.53	0.54	1.00	0.07
vastaus	-0.46	-0.10	0.09	0.17	0.09	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	1.00

Koe 2 (orientaatio), lyhyt ISI

	ärsyk.	t-1- vastaus	keskia.	t-1- ärsyk.	t-2- ärsyk.	t-3- ärsyk.	t-4- ärsyk.	t-5- ärsyk.	t-6- ärsyk.	t-7- ärsyk.	t-8- ärsyk.	vastaus
ärsyk.	1.00	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	-0.44
t-1-vastaus	0.02	1.00	0.00	-0.16	-0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.04
keskiarvo	0.03	0.00	1.00	0.67	0.67	0.68	0.68	0.67	0.69	0.69	0.68	0.01
t-1-ärsyk.	0.04	-0.16	0.67	1.00	0.45	0.46	0.45	0.44	0.46	0.45	0.44	-0.01
t-2-ärsyk.	0.03	-0.02	0.67	0.45	1.00	0.46	0.46	0.44	0.45	0.46	0.44	0.01
t-3-ärsyk.	0.03	0.00	0.68	0.46	0.46	1.00	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.04
t-4-ärsyk.	0.03	0.03	0.68	0.45	0.46	0.47	1.00	0.46	0.47	0.46	0.45	0.02
t-5-ärsyk.	0.03	0.01	0.67	0.44	0.44	0.46	0.46	1.00	0.46	0.47	0.45	0.01
t-6-ärsyk.	0.03	0.01	0.69	0.46	0.45	0.46	0.47	0.46	1.00	0.48	0.47	0.02
t-7-ärsyk.	0.03	0.01	0.69	0.45	0.46	0.46	0.46	0.47	0.48	1.00	0.47	0.00
t-8-ärsyk.	0.03	-0.01	0.68	0.44	0.44	0.46	0.45	0.45	0.47	0.47	1.00	0.01
vastaus	-0.44	0.04	0.01	-0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	1.00

Koe 2 (orientaatio), pitkä ISI

	ärsyk.	t-1- vastaus	keskia.	t-1- ärsyk.	t-2- ärsyk.	t-3- ärsyk.	t-4- ärsyk.	t-5- ärsyk.	t-6- ärsyk.	t-7- ärsyk.	t-8- ärsyk.	vastaus
ärsyk.	1.00	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.01	0.03	-0.50
t-1-vastaus	0.04	1.00	-0.03	-0.16	-0.03	0.01	0.01	-0.01	-0.03	-0.03	-0.02	-0.06
keskiarvo	0.01	-0.03	1.00	0.68	0.68	0.67	0.69	0.68	0.69	0.69	0.68	0.00
t-1-ärsyk.	0.01	-0.16	0.68	1.00	0.46	0.46	0.47	0.45	0.47	0.46	0.45	-0.02
t-2-ärsyk.	0.02	-0.03	0.68	0.46	1.00	0.45	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.02
t-3-ärsyk.	0.01	0.01	0.67	0.46	0.45	1.00	0.46	0.46	0.47	0.45	0.45	0.02
t-4-ärsyk.	0.01	0.01	0.69	0.47	0.47	0.46	1.00	0.46	0.47	0.47	0.46	0.00
t-5-ärsyk.	0.02	-0.01	0.68	0.45	0.47	0.46	0.46	1.00	0.47	0.47	0.47	-0.02
t-6-ärsyk.	0.04	-0.03	0.69	0.47	0.46	0.47	0.47	0.47	1.00	0.47	0.47	-0.02
t-7-ärsyk.	0.01	-0.03	0.69	0.46	0.46	0.45	0.47	0.47	0.47	1.00	0.46	0.00
t-8-ärsyk.	0.03	-0.02	0.68	0.45	0.46	0.45	0.46	0.47	0.47	0.46	1.00	-0.01
vastaus	-0.50	-0.06	0.00	-0.02	0.02	0.02	0.00	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	1.00

Liite 2: Faktoreiden tilastolliset tunnusluvut

Koe 1 (sävy), lyhyt ISI

		<i>t-1- vastaus</i>		<i>keskiarvo</i>	<i>t-1-ärsykkeet</i>		<i>t-2-ärsykkeet</i>		<i>t-3-ärsykkeet</i>		<i>t-4-ärsykkeet</i>	
vastaus	<i>n</i>	<i>ka</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (vihreämpi)	4010	0.21	-2.70	16.93	-5.40	21.65	-3.37	22.36	-3.07	22.34	-2.65	22.42
1 (sinisempi)	4725	-0.03	1.59	17.06	4.24	22.09	2.53	22.28	2.34	22.72	2.09	22.92
ei vastausta	65	-0.02	-0.40	16.52	-0.50	20.30	-2.30	19.41	-3.09	20.80	-5.00	23.64

		<i>t-5-ärsykkeet</i>		<i>t-6-ärsykkeet</i>		<i>t-7-ärsykkeet</i>		<i>t-8-ärsykkeet</i>	
vastaus	<i>n</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (vihreämpi)	4010	-2.99	22.52	-2.76	22.57	-2.44	22.18	-2.52	22.32
1 (sinisempi)	4725	2.24	22.63	2.03	22.40	1.80	22.71	1.64	22.31
ei vastausta	65	-1.33	24.26	-2.16	25.23	-4.80	24.16	-1.46	21.48

Koe 1 (sävy), pitkä ISI

		<i>t-1-</i>										
		<i>vastaus</i>	<i>keskiarvo</i>			<i>t-1-ärsykkeet</i>	<i>t-2-ärsykkeet</i>	<i>t-3-ärsykkeet</i>	<i>t-4-ärsykkeet</i>			
<i>vastaus</i>	<i>n</i>	<i>ka</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (vihreämpi)	3986	0.20	-2.01	17.03	-4.32	22.46	-2.35	22.96	-2.13	22.91	-2.01	23.07
1 (sinisempi)	4785	0.00	1.06	17.11	3.56	22.91	1.86	23.36	1.70	22.71	1.61	23.24
ei vastausta	29	-0.38	-8.82	15.81	-5.43	22.02	-4.71	23.94	-5.46	20.43	-7.16	20.02

		<i>t-5-ärsykkeet</i>										<i>t-6-ärsykkeet</i>		<i>t-7-ärsykkeet</i>		<i>t-8-ärsykkeet</i>	
<i>vastaus</i>	<i>n</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>		
0 (vihreämpi)	3986	-1.59	22.97	-1.72	23.16	-1.56	23.20	-1.97	22.77								
1 (sinisempi)	4785	1.20	23.39	1.36	23.22	1.17	23.03	1.44	22.88								
ei vastausta	29	-8.74	23.46	-7.16	23.34	-1.89	22.84	-6.72	21.31								

Koe 2 (orientaatio), lyhyt ISI

		<i>t-1-</i>										
		<i>vastaus</i>	<i>keskiarvo</i>		<i>t-1-ärsykkeet</i>		<i>t-2-ärsykkeet</i>		<i>t-3-ärsykkeet</i>		<i>t-4-ärsykkeet</i>	
<i>vastaus</i>	<i>n</i>	<i>ka</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (pystysuora)	2722	-0.04	0.03	8.63	0.25	12.55	0.11	12.74	-0.20	12.93	0.07	12.91
1 (vaakasuora)	2739	0.05	0.02	8.60	-0.13	12.73	0.10	12.53	0.49	12.67	0.29	12.73
ei vastausta	139	-0.18	-0.53	8.88	-0.38	11.66	-0.78	12.86	-0.69	12.53	-0.35	12.99

vastaus	<i>n</i>	<i>t</i> –5–ärsykkeet		<i>t</i> –6–ärsykkeet		<i>t</i> –7–ärsykkeet		<i>t</i> –8–ärsykkeet	
		<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (pystysuora)	2722	0.07	12.68	–0.01	12.91	0.26	12.86	0.09	12.76
1 (vaakasuora)	2739	0.32	12.71	0.33	12.76	0.11	12.94	0.23	12.83
ei vastausta	139	–1.08	13.21	1.40	14.40	0.29	14.18	0.84	13.33

Koe 2 (orientaatio), pitkä ISI

		<i>t</i> –1- <i>vastaus</i>			<i>keskiarvo</i>	<i>t</i> –1-ärsykkeet		<i>t</i> –2-ärsykkeet		<i>t</i> –3-ärsykkeet		<i>t</i> –4-ärsykkeet	
<i>vastaus</i>	<i>n</i>	<i>ka</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>		<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>
0 (pystysuora)	2398	0.05	–0.07	8.58		0.10	12.57	–0.31	12.34	–0.32	12.38	–0.07	12.57
1 (vaakasuora)	2385	–0.05	–0.09	8.64		–0.23	12.53	0.15	12.77	0.07	12.52	–0.21	12.69
ei vastausta	17	–0.38	–0.74	8.41		2.07	7.25	2.34	12.33	1.51	14.43	0.49	13.49

		<i>t</i> –7- <i>t</i> –5-ärsykkeet										<i>t</i> –6-ärsykkeet		<i>ärsykkeet</i>		<i>t</i> –8-ärsykkeet	
<i>vastaus</i>	<i>n</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>	<i>ka</i>	<i>kh</i>		
0 (pystysuora)	2398	0.07	12.68	–0.01	12.91	0.26	12.86	0.09	12.76								
1 (vaakasuora)	2385	0.32	12.71	0.33	12.76	0.11	12.94	0.23	12.83								
ei vastausta	17	–1.08	13.21	1.40	14.40	0.29	14.18	0.84	13.33								